

**ANALISIS FAKTOR RISIKO PAPARAN DEBU KAYU TERHADAP
GANGGUAN FUNGSI PARU PADA PEKERJA INDUSTRI
PENGOLAHAN KAYU PT. SURYA SINDORO SUMBING
WOOD INDUSTRY WONOSOBO**



TESIS

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-2**

**Magister Kesehatan Lingkungan
Konsentrasi Kesehatan Lingkungan Industri**

Oleh

**META SURYANI
E4B 003041**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2005**

PENGESAHAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa tesis yang berjudul :

Analisis Faktor Risiko Paparan Debu Kayu Terhadap Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Pengolahan Kayu PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :

**META SURYANI
E4B 003041**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 31 Mei 2005 dan dinyatakan
telah memenuhi syarat untuk di terima.

Pembimbing Utama



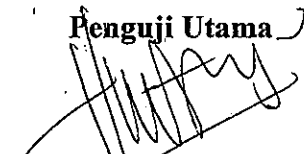
dr Onny Setiani, PhD
NIP.131 958 807

Pembimbing Anggota



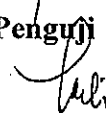
Nurjazuli, SKM. MKes
NIP 132 139 521

Penguji Utama



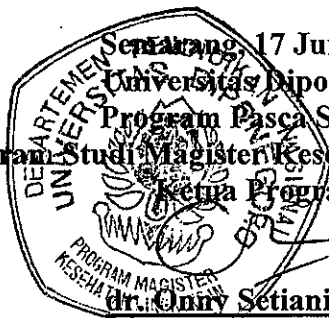
Dra. Sulistiyani, M.Kes
NIP 132 062 253

Penguji Anggota



Ir. Laila Faizah Achmad M.Kes
NIP 130 892 625

Semarang, 17 Juni 2005
Universitas Diponegoro
Program Pasca Sarjana
Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan
Ketua Program



dr. Onny Setiani, PhD.
NIP 131 958 807

PERNYATAAN

Saya dr Meta Suryani yang bertanda tangan di bawah ini:

Menyatakan bahwa tesis yang saya ajukan ini adalah hasil karya saya sendiri yang belum pernah disampaikan untuk mendapat gelar pada program magister ini ataupun program lainnya. Karya ini adalah milik saya, karena itu pertanggung jawabannya sepenuhnya berada di pundak saya.

Semarang, 31 Mei 2005

dr. Meta Suryani

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul : **“Analisis Faktor Risiko Paparan Debu Kayu Terhadap Gangguan Fungsi Paru Pada Pekerja Industri Pengolahan Kayu**

PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo, guna memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat S2 pada Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, konsentrasi Kesehatan Lingkungan Industri, Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan yang baik ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan tesis ini antara lain :

1. Prof. DR. dr. Soeharyo, SPD (K) selaku Direktur Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
2. dr Onny Setiani, PhD, selaku pembimbing I.
3. Nurjazuli, SKM, M.Kes, selaku Pembimbing II.
4. Dra. Sulistiyani, M.Kes, selaku penguji.
5. Ir. Laila Faizah Achmad, M.Kes, selaku penguji.
6. Sujanto, selaku pimpinan PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry, Wonosobo.
7. Ir. Bambang Sumenang beserta staf.

Staf. Departemen Sumber Daya Manusia; semua petugas pada Poliklinik PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry, Wonosobo.

8. Suami dan anak-anakku tercinta yang banyak memberikan kekuatan moril.
9. Kawan- kawan senasib dan seperjuangan.
10. Semua pihak yang tidak dapat di sebutkan satu persatu; yang telah banyak membantu serta memberikan kemudahan bagi kami sejak pengusulan sampai dengan selesainya penulisan tesis ini.

Kami menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu segala macam kritik dan saran yang bersifat konstruktif akan penulis terima dengan senang hati.

Semarang, Mei 2005

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian.	6
D. Manfaat Penelitian	7
E. Ruang Lingkup Penelitian	8
F. Keaslian Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Anatomi dan Fisiologi saluran Pernapasan	10
B. Gangguan Fungsi Paru	15
C. Volume dan Kapasitas Fungsi Paru	19
D. Efek Debu Terhadap Kesehatan	39
E. Proses Produksi Kayu	42
F. Kerangka Teoritis	45
G. Hipotesis	46

BAB III	METODE PENELITIAN	
	A. Kerangka Konsep	47
	B. Jenis Penelitian	48
	C. Tempat dan Waktu Penelitian	48
	D. Populasi dan Sampel Penelitian	48
	E. Variabel Penelitian	50
	F. Definisi Operasional	50
	G. Instrumen Penelitian	53
	H. Cara Pengumpulan Data	55
	I. Pengolahan dan Analisis Data	56
BAB IV	HASIL PENELITIAN	
	A. Gambaran Umum Perusahaan.....	60
	B. Analisis Univariat	61
	C. Kadar Debu Kayu di lokasi kerja.....	64
	D. Kapasitas Fungsi Paru responden.....	65
	E. Analisis Bivariat	66
	F. Analisis Multivariat	72
BAB V	PEMBAHASAN	75
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN:	
	A. Kesimpulan	84
	B. Saran	85
BAB. VII	RINGKASAN	87
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1. Nilai Rata-rata Hitung Karakteristik dan Keragaman Karakteristik Respdnen pada P.T. SSSWI Wonosobo 2005.....	62
Tabel 4.2. Distribusi Karakteristik Responden pada pekerja P.T. SSSWI Wonosobo 2005	63
Tabel 4.3. Dislripsi frekuensi pemeriksaan Kapasitas fungsi paru responden pada pekerja P.T. SSSWI Wonosobo 2005.....	65
Tabel 4.4. Nilai rata-rata Hitung dan Keragaman dari Variabel Bebas dan Terikat.....	65
Tabel 4.5. Hubungan Kadar Debu Kayu dengan Fungsi Paru pada pekerja P.T. SSSWI Wonosobo 2005.....	66
Tabel 4.6. Hubungan Masa kerja dengan Fungsi Paru pada pekerja P.T. SSSWI Wonosobo 2005.....	67
Tabel 4.7 Hubungan Lama Paparan dengan Fungsi Paru pada pekerja P.T. SSSWI Wonosobo 2005.....	68
Tabel 4.8. Hubungab Penggunaan APD dengan Fungsi Paru pada pekerja P.T.. SSSWI Womosobo 2005.....	69
Tabel 4.9. Hubungan Status Gizi dengan Fungsi Paru pada pekerja P.T. SSSWI Wonosobo 2005.....	70

Tabel 4.10 Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Fungsi Paru pada pekerja P.T. SSSWI Wonosobo 2005.....	71
Tabel 4.11a Uji independen t test.....	71
Tabel 4.11b Uji independen t test.....	72
Tabel 4.12 Hasil Resume Analisis Bivariat Faktor Risiko terhadap Gangguan Fungsi Paru.....	72
Tabel 4.13 Tabel Faktor Risiko yang berpengaruh secara bermakna terhadap kejadian Gangguan Fungsi Paru.....	73
Tabel 4.14 Hasil Analisis Multivariat faktor risiko yang berpengaruh terhadap kejadian Gangguan Fungsi Paru pada pekerja P.T.SSSWI Wonosobo 2005.....	73

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tahap – tahap penting pada proses pernapasan.....	13
Gambar 2.2 Anatomi saluran pernapasan.....	14
Gambar 2.3 Spirometer.....	24
Gambar 2.4 Prosedur diagnostik penyakit pernapasan.....	25
Gambar 2.5 Alat perlindungan pernapasan.....	38
Gambar 4.1 Distribusi data menurut faktor risiko kadar debu kayu.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

1. Time Schedule Penelitian
2. Kuestioner Penelitian
3. Flow Chart Proses Pengolahan Kayu
4. Proses Produksi Kayu
5. Peta Lokasi Pabrik
6. Master Plant P.T. SSWI Wonosobo
7. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Kadar Debu Kayu
8. Hasil Pengukuran Kadar Debu Kayu dan Fungsi Paru Pekerja P.T. SSWI Wonosobo dengan Menggunakan Spirometer High Volume Sampler – Sibata HV-500
9. Perhitungan Uji Statistik Analisis Bivariat dan Multivariat
10. Perijinan

ABSTRAK.

Meta Suryani

ANALISIS FAKTOR RISIKO PAPARAN DEBU KAYU TERHADAP GANGGUAN FUNGSI PARU PADA PEKERJA INDUSTRI PENGOLAHAN KAYU P.T.SURYA SINDORO SUMBING WOOD INDUSTRY WONOSOBO.

xiii, 97 halaman, 15 tabel, 6 gambar, 10 lampiran

Salah satu dampak negatif dari industri pengolahan kayu adalah timbulnya pencemaran udara oleh debu kayu yang timbul pada proses pengolahan atau hasil industri tersebut. Debu kayu ini akan mencemari daerah industri dan lingkungannya sehingga pekerja maupun masyarakat di sekitar industri dapat terpapar oleh debu kayu baik karena bahan baku, bahan antara ataupun produk akhir sehingga dapat berpengaruh terhadap timbulnya gangguan fungsi paru.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur besar risiko berbagai faktor yang berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu P.T. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo.

Dalam penelitian ini dilakukan studi observasional dengan pendekatan *cross-sectional* sebagai sampel 70 orang. Penelitian dilakukan pada bulan Februari tahun 2005. Pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran kadar debu kayu di bagian Furniture Component (F.C) dan Wood Working Area (WWA), pengukuran kapasitas fungsi paru, pengukuran berat/tinggi badan dan wawancara dengan responden.

Hasil penelitian menunjukkan kadar debu kayu di bagian WWA 6,1452 mg/m³ dan kadar debu kayu di bagian FC 4,0101 mg/m³. Rata-rata kapasitas fungsi paru pekerja 92,04% FEV₁/FVC dengan standar deviasi 6,68 sedang nilai terendah 66% FEV₁/FVC dan nilai tertinggi 100% FEV₁/FVC. Analisis data pada penelitian ini menggunakan uji Chi Square Test, Independen t Test, analisis multivariat digunakan uji Regresi Logistik dengan metode enter.

Hasil uji statistik menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara masa kerja dan kebiasaan merokok dengan kapasitas fungsi paru ($p < 0,05$), tidak ada perbedaan yang signifikan fungsi paru pekerja bagian WWA dengan pekerja bagian FC ($p > 0,05$). Hasil uji Regresi Logistik membuktikan masa kerja dan kebiasaan merokok secara bersama-sama menjadi faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru.

Untuk menghindari timbulnya gangguan fungsi paru pada pekerja diadakan larangan merokok pada saat bekerja atau di lingkungan industri pengolahan kayu.

Daftar bacaan : 43 buah

Tahun : 1982-2002

Kata kunci : debu kayu, gangguan fungsi paru, industri pengolahan kayu.

ABSTRACT

Meta Suryani

RISK FACTOR ANALYSIS OF WOOD ASH EXPOSURE TO LUNG FUNCTION DISTURBANCE ON WORKERS IN WOOD PROCESSING INDUSTRY AT PT SURYA SINDORO SUMBING WOOD INDUSTRY WONOSOBO

xiii, 97 pages, 15 tables, 6 figures, 10 enclosures

One of the negative impacts of wood processing industry is air pollution caused by wood ash that occurred during the process or as the output of the industry. The wood ash will contaminate the industry area as well as the environment so not only the workers, but also the people living around the factory will be exposed to ash from raw material, added material, and the output, thus causing lung function disturbance.

The aim of this research is to measure the risk of factors that causes lung function disturbance to the workers in wood processing industry at PT Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo.

This is an observational research using *cross-sectional* design. The samples are workers that fulfill the criteria inclusively and exclusively as many as 70 persons. This research was done in February 2005 and the data collection was done using wood ash content measurement in Furniture Component (FC) and Wood Working Area (WWA) sections, lung function capacity measurement, body height and body weight measurements, as well as interview with the respondents.

This research showed that the amount of the wood ash in WWA and FC of 6.1452mg/m^3 and 4.0101mg/m^3 respectively; and the average of lung function capacity on the workers is 92.04% FEV_1/FVC with standard deviation of 6.68 with the lowest and the highest rate of 66% FEV_1/FVC and 100% FEV_1/FVC respectively. The data analysis in this research used chi-square test, Independent t Test, while the multivariate analysis used logistic regression test with enter method. The statistics test showed that there is a relationship between the working period and the smoking habit with lung function capacity ($p < 0.05$), there's no significant difference of lung function between WWA workers and FC workers ($p > 0.05$). The logistic regression test proved that the working period and the smoking habit at the same time can become the risk factor of the lung function disturbance. As such, smoking prohibition during working hours in the wood processing industry should be applied in order to avoid lung function disturbance among the workers.

References : 43

Year of issued : 1982 – 2002

Key words : wood ash, lung function disturbance, wood processing industry

BAB. I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Udara merupakan komponen lingkungan yang sangat diperlukan bagi kelangsungan hidup manusia. Energi yang diperlukan manusia untuk melaksanakan semua aktifitas, diperoleh dari pembakaran zat makanan dengan menggunakan oksigen. Oksigen tersebut diperoleh dari udara ambien melalui pernapasan, dengan demikian pengambilan udara oleh tubuh dilakukan secara terus menerus. Setiap hari, jumlah udara yang keluar masuk saluran pernapasan sekitar 10 m^3 per orang. Hal ini berarti, organ pernapasan terpapar secara terus-menerus oleh partikel-partikel yang terdapat dalam udara, termasuk partikel berbahaya yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan. Kualitas udara sangat berpengaruh terhadap kesehatan seseorang, terutama terhadap alat pernapasan ⁽¹⁾.

Kemajuan dalam bidang industri di Indonesia memberikan berbagai dampak positif yaitu terbukanya lapangan kerja, membaiknya sarana transportasi dan komunikasi serta meningkatnya taraf sosial ekonomi masyarakat. Suatu kenyataan yang perlu disadari bahwa perkembangan kegiatan industri secara umum juga merupakan sektor yang sangat potensial sebagai sumber pencemaran yang akan merugikan bagi kesehatan dan lingkungan ⁽²⁾.

Industri pengolahan kayu merupakan salah satu industri yang pertumbuhannya sangat pesat, hal ini berkaitan dengan konsumsi hasil hutan yang

mencapai 33 juta m³ per tahun.. Konsumsi hasil hutan yang sedemikian besar itu antara lain diserap oleh industri plywood, sawmill, furniture, partikel board dan pulp kertas. Industri-industri tersebut berpotensi untuk menimbulkan kontaminasi di udara tempat kerja berupa debu kayu. Karena sekitar 10 sampai 13 % dari kayu yang di gergaji akan berbentuk debu kayu ⁽³⁾.

Industri pengolahan kayu membutuhkan energi dan penggunaan bahan baku alami yang besar, seperti kayu keras antara lain : jati, meranti, mahoni dan kayu lunak antara lain : pinus dan albasia. Eksploitasi sumber daya alam ini berpotensi dalam terjadinya kerusakan lingkungan yang sangat besar, disamping itu melalui proses fisik dalam pengolahan bahan baku cenderung menghasilkan polusi seperti partikel debu kayu.

Salah satu dampak negatif dari industri pengolahan kayu adalah timbulnya pencemaran udara oleh debu yang timbul pada proses pengolahan atau hasil industri tersebut. Debu kayu ini akan mencemari daerah industri dan lingkungannya sehingga pekerja maupun masyarakat di sekitar industri dapat terpapar oleh debu baik karena bahan baku, bahan antara ataupun produk akhir. Bahan pencemar tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan manusia.

Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran napas akibat debu ⁽⁴⁾. Faktor tersebut adalah faktor debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, serta lama paparan. Faktor individual meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran napas serta faktor imunologis. Penilaian paparan pada manusia perlu dipertimbangkan antara lain sumber paparan/jenis pabrik, lamanya

paparan, paparan dari sumber lain, pola aktivitas sehari-hari dan faktor penyerta yang potensial seperti umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, faktor allergen ⁽⁵⁾.

Penyakit paru akibat debu industri mempunyai gejala dan tanda yang mirip dengan penyakit paru lain yang tidak disebabkan oleh debu di tempat kerja. Penegakkan diagnosis perlu dilakukan anamnesa yang teliti meliputi riwayat pekerjaan dan hal-hal yang berhubungan dengan pekerja, karena penyakit biasanya baru timbul setelah paparan yang cukup lama ⁽⁴⁾. Pemeriksaan faal paru sebagai sarana membantu diagnosis dini paru tidak dapat ditinggalkan ⁽⁶⁾.

Berbagai penelitian yang telah dilakukan antara lain :

1. Lestari (2000)⁽⁷⁾ meneliti tentang pengaruh paparan debu terhadap fungsi paru tenaga kerja *plywood*. Hasil penelitiannya menunjukkan terdapat hubungan yang bermakna antara paparan debu tinggi dengan terjadinya kelainan faal ventilasi paru. Faktor lain yang berpengaruh adalah usia, masa kerja, dan kebiasaan merokok dan penggunaan alat pelindung diri (APD).
2. Talini dkk (1998) ⁽⁸⁾, melakukan penelitian tentang faktor risiko kejadian asthma pada pekerja *furniture*. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa prevalensi serangan napas pendek yang disertai mengi dan dispnea pada bagian *spray painter* lebih tinggi dibanding dengan di bagian *woodworker* dan *assembler*. Namun secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan kejadian napas pendek dan dispnea pada ketiga tempat tersebut. Selain itu dapat disimpulkan bahwa kejadian asthma pada tenaga kerja *furniture* sangat tergantung pada bagian mana responden bekerja.

3. Prihantoyo (2001)⁽⁹⁾, melakukan penelitian pada tenaga kerja pengolahan kayu lapis dengan melihat hubungan debu kayu dengan penurunan volume ekspirasi paksa. Kesimpulannya terdapat hubungan positif antara kadar debu kayu pinus dan albasia dengan gangguan paru tenaga kerja, volume ekspirasi paksa detik pertama dan kapasitas vital paru tenaga kerja yang terpapar debu kayu lebih rendah dibandingkan dengan tenaga kerja yang tidak terpapar debu kayu.
4. Hendrawati dkk (1998)⁽¹⁰⁾. Pengaruh debu kayu terhadap paru dan faktor risikonya di kalangan pekerja industri permebelan kayu PT X di Bogor (Jurnal respirasi Indonesia vol.18). Penelitian tersebut dilakukan terhadap pekerja industri permebelan kayu PT X yang berada di kabupaten Bogor, Jawa Barat dengan menggunakan pendekatan belah melintang, penelitian dilakukan terhadap 70 karyawan yang terpilih sebagai sampel. Hasil penelitian, prevalensi Obstruksi secara umum 5,85 % dari seluruh populasi pekerja PT X. Disamping itu, terdapat perbedaan prevalensi antara karyawan yang bekerja pada lingkungan yang kadar debunya tinggi dengan yang bekerja pada lingkungan yang kadar debunya rendah. Pada lingkungan kerja yang kadar debunya tinggi, prevalensi Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM) 10%, dan pada lingkungan kerja yang kadar debunya rendah, tidak ditemukan adanya penderita PPOM. Secara statistik, faktor risiko yang mempengaruhi terjadinya PPOM adalah masa kerja dan kebiasaan memakai masker.

PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry (SSSWI) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan kayu terutama kayu hutan tanaman industri.

PT. SSSWI didirikan dalam rangka mendukung peningkatan ekspor non migas khususnya untuk bidang kayu olahan yang khusus diekspor ke Asia, Eropa dan Amerika. Bahan baku yang dipergunakan sebagian besar berasal dari jenis kayu keras seperti kayu oak (impor) dan kayu lunak seperti kayu pinus dan albasia.

Berdasarkan hasil survei pendahuluan pada PT. SSSWI diperoleh informasi dari laporan bagian Personalia pada bulan September 2004 jumlah tenaga kerja 1572 orang terdiri dari laki-laki 1480 orang dan wanita 92 orang.

PT. SSSWI, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan kayu dimana kebutuhan kayu $93.463 \text{ m}^3/\text{th}$, dan dihasilkan serbuk gergaji kering sebanyak $7,39\% \times 93.463 \text{ m}^3 = 6907 \text{ m}^3/\text{th}$, dan debu sanding sebanyak $3\% \times 93.463 \text{ m}^3 = 2804 \text{ m}^3/\text{th}$.

Berdasarkan laporan pola penyakit dari poliklinik PT. SSSWI periode tahun 2004 untuk 5 penyakit terbesar dapat diketahui bahwa penyakit saluran pernapasan (terdiri dari ISPA 42,2% dan Penyakit Parenkim Paru-Paru 0,8%) menempati peringkat pertama yang diikuti penyakit saluran pencernaan (26%), penyakit otot dan tulang (15%), penyakit kulit dan jaringan bawah kulit (11%), serta terakhir adalah penyakit mata (4%).

Pemeriksaan faal paru sangat dianjurkan bagi tenaga kerja yang terpapar debu. Tindakan ini jika dilakukan secara berkala setelah bekerja dapat mengidentifikasi penyakit dan perkembangan penyakit yang ada pada tenaga kerja, khususnya gangguan saluran pernapasan⁽¹¹⁾. Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di depan, dapat diketahui adanya debu kayu yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan.

Dari data poliklinik PT.SSSWI pola penyakit yang tertinggi yaitu saluran pernapasan (43%). Atas dasar itulah peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul :

“Analisis faktor risiko paparan debu kayu terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT.Surya Sindoro Sumbing Wood Industry”

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan didepan dapat diketahui bahwa dari pengolahan kayu sebanyak 93.463 m³/th dihasilkan serbuk gergaji kering sebanyak 6907 m³/th, dan debu sanding sebanyak 2804 m³/th. Dari seluruh karyawan pada tahun 2004 yang mengalami penyakit saluran pernapasan yang terdiri dari ISPA 42,2% (FC 12,6 % dan WWA 19,9%) dan Penyakit Parenkim Paru-Paru 0,8% (FC 0,2 % dan WWA 0,4 %). Sehubungan dengan hal tersebut, maka pertanyaan penelitian ini adalah :

“Faktor-faktor risiko apakah yang berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo?”

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan umum

Mengukur besar risiko berbagai faktor yang berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI .

2. Tujuan khusus

- a. Mengukur kadar debu total kayu di PT. SSSWI dibagian *Furniture Component* dan *Wood Working Area*

- b. Mengukur fungsi paru pada pekerja yang bekerja di sekitar titik lokasi pemeriksaan kadar debu kayu.
- c. Mengukur besar risiko kadar debu kayu terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.
- d. Mengukur besar risiko masa kerja pertahun terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.
- e. Mengukur besar risiko lama paparan terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.
- f. Mengukur besar risiko faktor penggunaan APD terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.
- g. Mengukur besar risiko faktor status gizi terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.
- h. Mengukur besar risiko kebiasaan merokok terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.
- i. Menganalisis perbedaan kapasitas vital paru pada pekerja di bagian Furniture Component dan Wood Working Area PT. SSSWI.
- j. Mengukur perbedaan kadar debu total kayu dibagian Furniture Component dan Wood Working Area PT. SSSWI.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat bagi tenaga kerja : menambah pengetahuan pekerja dalam upaya melindungi diri akibat buruk pencemaran debu bagi kesehatan.
2. Manfaat bagi perusahaan : sebagai masukan untuk menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan kebijakan dalam upaya meningkatkan

derajat kesehatan pekerja, meningkatkan efisiensi dalam pengeluaran pembiayaan kesehatan, meningkatkan produktifitas.

3. Manfaat bagi lingkungan : mengurangi pencemaran debu dilingkungan perusahaan secara lebih dini.

E. Ruang Lingkup Penelitian

1. Lingkup Keilmuan

Penelitian ini merupakan salah satu bagian dari ilmu kesehatan masyarakat khususnya kesehatan lingkungan industri.

2. Lingkup Masalah

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini masalah pencemaran udara oleh debu yang berupa serbuk kayu halus yang dikaitkan dengan gangguan fungsi paru pada para pekerja industri pengolahan kayu.

3. Lingkup Sasaran

Sasaran penelitian ini adalah pekerja laki-laki.

Umur antara 20 sampai dengan 40 tahun.

Lama kerja lebih dari 2 tahun.

4. Lingkup Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan di industri pengolahan kayu PT. SSSWI Wonosobo.

5. Lingkup Waktu

Penelitian ini direncanakan mulai bulan Februari 2005

Penelitian dilakukan dan diselesaikan dalam waktu 2 bulan, sedangkan untuk pengolahan dan analisis data selama 1 bulan.

F. Keaslian Penelitian

Penelitian efek debu kayu terhadap kesehatan sudah banyak dilakukan, namun perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya adalah :

Penelitian ini menitik beratkan menilai kadar debu kayu diruang produksi dan sekaligus mengidentifikasi faktor – faktor risiko paparan debu kayu terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI dan belum pernah dilakukan di Kabupaten Wonosobo.

BAB. II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Anatomi dan Fisiologi Saluran Pernapasan

Saluran pernapasan dari hidung sampai bronkiolus dilapisi oleh membran mukosa bersilia. Udara masuk melalui rongga hidung, disaring, dihangatkan, dan dilembabkan. Ketiga fungsi tersebut disebabkan karena adanya mukosa saluran pernapasan, yang terdiri dari epitel toraks bertingkat, bersilia, dan mengandung sel goblet. Partikel debu yang kasar dapat disaring oleh rambut yang terdapat dalam lubang hidung, sedangkan partikel debu yang halus akan terperangkap dalam lapisan mukosa. Gerakan silia mendorong lapisan mukosa ke posterior, ke rongga hidung dan ke arah superior menuju Pharing. Udara inspirasi akan disesuaikan dengan suhu tubuh sehingga dalam keadaan normal, jika udara tersebut mencapai pharing, dapat dikatakan hampir “bebas debu” yang bersuhu sama dengan suhu tubuh dan kelembabannya 100% ⁽¹²⁾.

Laring terdiri dari satu seri cincin tulang rawan yang dihubungkan oleh otot dan disini didapatkan pita suara dan epiglotis. Glotis merupakan pemisah antara saluran pernapasan bagian atas dan bawah. Kalau ada benda asing masuk sampai melewati glotis, maka dengan adanya refleks batuk akan membantu mengeluarkan benda atau sekret dari saluran pernapasan bagian bawah ⁽¹²⁾.

Cabang utama bronkus kanan dan kiri bercabang-cabang menjadi segmen lobus, kemudian menjadi segmen bronkus. Percabangan ini diteruskan sampai cabang terkecil bronkiolus terminalis yang tidak mengandung alveolus, bergaris

tengah sekitar 1 mm, diperkuat oleh cincin tulang rawan yang dikelilingi otot polos ⁽¹²⁾.

Anderson⁽¹⁾ mengatakan bahwa di luar bronkiolus terminalis terdapat asinus sebagai unit fungsional paru yang merupakan tempat pertukaran gas, asinus tersebut terdiri dari bronkiolus respiratorius yang mempunyai alveoli. Duktus alveolaris yang seluruhnya dibatasi oleh alveolus dan sakus alveolaris terminalis, merupakan struktur akhir paru-paru ⁽¹³⁾.

Setiap paru berisi sekitar tiga ratus juta alveolus dengan luas permukaan total seluas sebuah lapangan tenis. Alveolus dibatasi oleh zat lipoprotein yang disebut surfaktan, yang dapat mengurangi tegangan permukaan dan mengurangi resistensi terhadap pengembangan pada waktu inspirasi serta mencegah kolapsnya alveolus pada waktu respirasi ⁽¹³⁾.

Pembentukan surfaktan oleh sel pembatas alveolus tergantung dari beberapa faktor antara lain pendewasaan sel alveolus dan sistem biosintesis enzim, ventilasi yang memadai, serta aliran darah ke dinding alveolus. Surfactan merupakan faktor penting dan berperan sebagai pathogenesis beberapa penyakit rongga dada ⁽¹⁴⁾.

Rahajoe dkk, (1994) ⁽¹⁵⁾ menyatakan bahwa salah satu fungsi utama paru adalah sebagai alat pernapasan yaitu melakukan pertukaran udara (ventilasi), yang bertujuan menghirup masuknya udara dari atmosfer kedalam paru-paru (inspirasi) dan mengeluarkan udara dari alveolar ke luar tubuh (ekspirasi).

Pernapasan dapat berarti pengangkutan oksigen ke sel dan pengangkutan CO₂ dari sel kembali ke atmosfer. Proses ini menurut Guyton (1981)⁽¹⁶⁾ dapat dibagi menjadi 4 tahap yaitu ;

1. Pertukaran udara paru, yang berarti masuk dan keluarnya udara ke dan dari alveoli. Alveoli yang sudah mengembang tidak dapat mengempis penuh, karena masih adanya udara yang tersisa didalam alveoli yang tidak dapat dikeluarkan walaupun dengan ekspirasi kuat. Volume udara yang tersisa ini disebut volume residu. Volume ini penting karena menyediakan O₂ dalam alveoli untuk mengaerasikan darah.
2. Difusi O₂ dan CO₂ antara alveoli dan darah.
3. Pengangkutan O₂ dan CO₂ dalam darah dan cairan tubuh menuju ke dan dari sel-sel.
4. Regulasi pertukaran udara dan aspek-aspek lain pernapasan.

Menurut Rahajoe dkk (1994)⁽¹⁵⁾, dari aspek fisiologis, ada dua macam pernapasan yaitu:

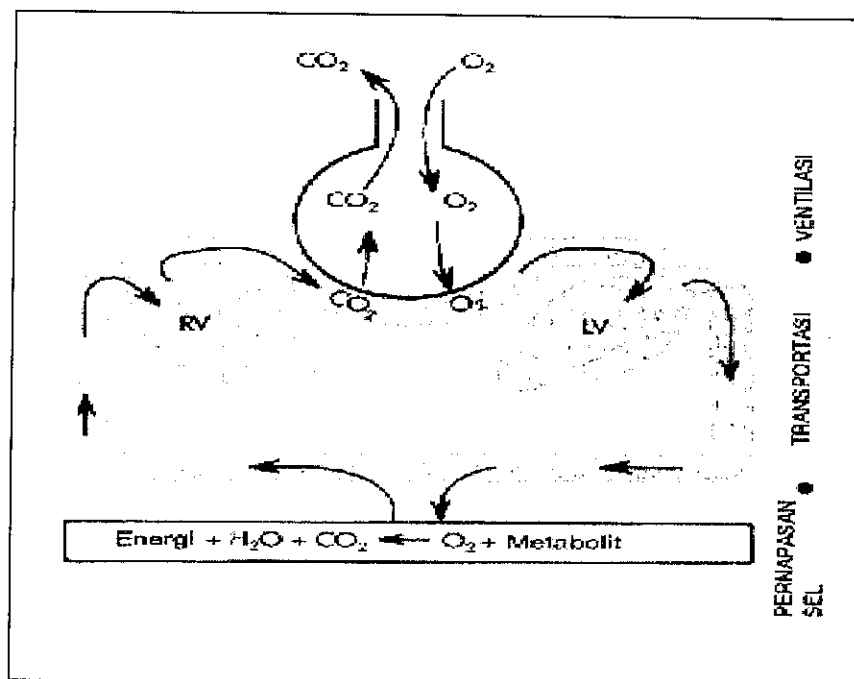
1. Pernapasan luar (eksternal respiration) yang berlangsung di paru, aktivitas utamanya adalah pertukaran udara.
2. Pernapasan dalam (internal respiration) yang aktivitas utamanya adalah pertukaran gas pada metabolisme energi yang terjadi dalam sel. Ditinjau dari aspek klinik yang di maksud dengan pernapasan pada umumnya adalah pernapasan luar.

Untuk melakukan tugas pertukaran udara, organ pernapasan disusun oleh beberapa komponen penting antara lain :

1. Dinding dada yang terdiri dari tulang, otot dan saraf perifer
2. Parenkim paru yang terdiri dari saluran napas, alveoli dan pembuluh darah.
3. Pleura viseralis dan pleura parietalis.
4. Beberapa reseptor yang berada di pembuluh arteri utama

Sebagai organ pernapasan, dalam melakukan tugasnya, paru dibantu oleh sistem kardiovaskuler dan sistem saraf pusat.

Sistem kardiovaskuler selain mensuplai darah bagi paru (perfusi), juga dipakai sebagai media transportasi O_2 dan CO_2 , sistem saraf pusat berperan sebagai pengendali irama dan pola pernapasan ⁽¹⁵⁾.

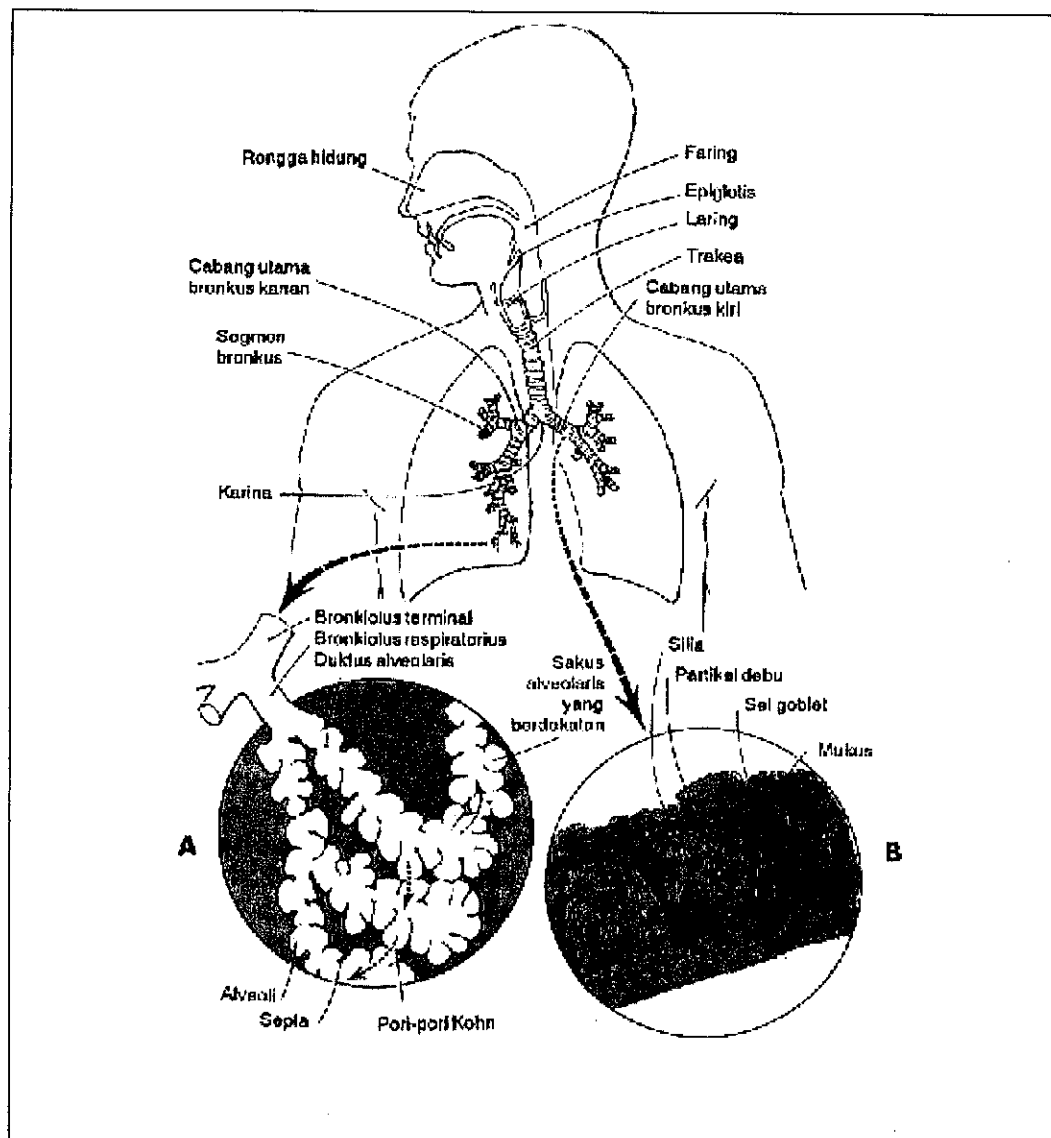


Gambar .2.1 Tahap-tahap penting pada proses pernapasan

Sumber : Anderson.P.S,Mc.Carty.W.L.Clinical Concept of Disease Processes.

Edisi 4. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 1995.h.653

Gambar anatomi saluran pernapasan tampak seperti dibawah ini :



Gambar.2.2 Anatomi Saluran Pernapasan

Sumber : Anderson.P.S,Mc.Carty.W.L.Clinical Concept of Disease Processes.

Edisi 4. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 1995.h.646

B. Gangguan Fungsi Paru

Diagnosis penyakit paru sebaiknya tidak hanya menilai kondisi organ paru saja, akan tetapi juga ditentukan kondisi fungsionalnya. Dengan mengetahui keadaan fungsi paru, maka beberapa tindakan medis yang akan dilakukan pada penderita tersebut dapat diramalkan keberhasilannya, disamping itu progresivitas penyakitnya akan dapat diketahui. Oleh karena itu pemeriksaan faal paru sekarang ini dikategorikan sebagai pemeriksaan rutin.

1. Penyakit Paru Obstruktif Menahun

Beberapa penyakit paru yang jelas secara anatomi, memberikan tanda kesulitan pernafasan yang mirip, yaitu terbatasnya jalan udara yang kronis, terutama bertambahnya resistensi terhadap jalan udara saat ekspirasi. Yang terpenting dalam gangguan ini adalah bronkitis kronis dan terutama bronkieolitis dengan terlihatnya cabang-cabang kecil berdiameter kurang dari 2 mm dan emfisema, ditandai dengan pembesaran rongga-rongga udara dibagian distal dari bronkioli terminalis dan kerusakan pada septa alveoli. Bronkitis dan bronkiolitis menambah resistensi jalan udara, karena proses peradangan dan sekret yang menyempitkan jalan udara, sedang kerusakan karena emfisema dinding septa tidak hanya mengurangi rekoil elastik dari paru tapi juga disertai oleh penyakit jalan udara kecil. Seringkali sulit membedakan secara klinik, beberapa penulis sering menghimpun keadaan ini sebagai Penyakit Paru Obstruktif Menahun (PPOM), termasuk di dalamnya penyakit asma dan bronkiektasis, seperti yang telah dijelaskan penyakit asma biasanya ditandai dengan serangan obstruksi

spasmodik jalan udara, tetapi kadang-kadang menyebabkan penyempitan jalan udara yang terus-menerus pada keadaan seperti asmatis bronkitis kronika.

Keadaan klinik ; Penyakit dari kedua saluran udara yang besar maupun yang kecil berperan dalam terjadinya PPOM. Perlu ditekankan kembali bahwa bronkitis sendiri untuk beberapa saat dapat tanpa menyebabkan disfungsi ventilasi, tapi dapat menyebabkan batuk prominen dan dahak yang produktif. Bila terjadi sesak nafas *hipoksemia* dan *hiperkapnea*, oksigenasi tidak adekuat dari darah dapat menimbulkan *sianosis*. Hipoksemia kronis dapat juga menyebabkan *vasokonstriksi paru persisten*.

2. Emfisema

Emfisema didefinisikan sebagai suatu pelebaran normal dari ruang-ruang udara paru disertai dengan destruksi dari dindingnya, beberapa ahli memperluas definisi ini dengan memasukkan pelebaran ruang-ruang udara dengan atau tidak disertai destruksi dari dindingnya. Tetapi konsep ini tidak digunakan secara luas, dan pelebaran ruang udara yang tidak disertai destruksi disebut *overinflasi* atau *hiperinflasi*. Beberapa jenis emfisema ;

- a) *Emfisema sentrilobular* termasuk kelainan pada asinus proksimal (bronkioli respiratorik), namun bila progresif, dilatasi dan destruktif dari dinding distal alveoli juga akan terjadi. Secara khas perubahan akan lebih sering dan lebih berat dibagian atas daripada dibagian zone bawah lobus, bentuk emfisema ini adalah penyakit yang paling dominan pada perokok.

- b) *Emfisema panasinar* ; terjadi pelebaran alveoli yang progresif dan duktus alveoli, serta hilangnya dinding batas antara duktus alveoli dan alveoli. Dengan progresivitas dan destruktif dari dinding alveoli ini, ada *simplifikasi* dari struktur paru. Bila proses menjadi difus, biasanya lebih jelas tandanya pada lobus bawah, bentuk emfisema ini lebih sering terjadi pada wanita dewasa, walaupun perokok dapat menyebabkan bentuk dari emfisema ini, namun hubungan tersebut tidak sesering pada emfisema sentilobuler.
- c) *Emfisema parasepta* atau sub pleura ; biasanya terbatas pada zona sub pleura dan sepanjang septa interlobaris, yang ditandai dengan keterlibatan asinus distal, (alveoli) dan kadang-kadang duktus alveoli. Bentuk ini kadang-kadang dapat menyebabkan timbulnya gelembung bula yang besar langsung di bawah pleura, dapat juga menimbulkan pneumotoraks pada dewasa muda.
- d) *Emfisema ireguler* ; lebih dikenal sebagai emfisema yang dihubungkan dengan parut paru, bentuk ini biasanya terbatas ekstensinya, karena itu hanya menyebabkan dampak yang kecil pada fungsi pernafasan.

3. Penyakit Paru Interstisial (Restriktif)

Penyakit paru interstisial merupakan istilah generik untuk semua penyakit terutama yang ditandai dengan jelas pada dinding alveolar, proses dimulai dengan peradangan interstisial terutama yang mengenai septa-septa, sel imunokompeten yang aktif kemudian terkumpul di dinding alveolar yang menjadi penyebab kerusakan. Akibat yang paling ditakutkan dari penyakit ini ialah penebalan

fibrosis dinding alveolar, yang menimbulkan kerusakan menetap pada fungsi pernafasan dan mengacaukan arsitektur paru. Bersamaan dengan itu pembuluh darah halus menyempit dan menyebabkan hipertensi pulmonalis, pelebaran dinding alveolar dan kontraksi jaringan fibrosis dapat mengecilkan ukuran rongga udara dan paru menjadi berkurang kemampuannya, sehingga pertukaran gas mengalami gangguan. Dengan demikian penyakit paru interstisial/restriktif merupakan penyebab utama paru menjadi kaku dan mengurangi kapasitas vital dan kapasitas paru. Kelainan paru yang menyebabkan gangguan restriktif antara lain disebabkan oleh atelektasis⁽¹⁵⁾. Atelektasis yang berarti alveoli mengempis (kolaps) dapat terjadi pada satu tempat yang terlokalisasi di paru, pada seluruh lobus, atau pada satu paru. Salah satu penyebabnya adalah terjadinya sumbatan pada bronki kecil oleh mukus. Udara yang terperangkap di seberang sumbatan di serap dalam waktu beberapa menit atau beberapa jam oleh aliran darah kapiler paru. Jika jaringan paru cukup fleksibel, alveoli akan kolaps. Tetapi jika jaringan paru tidak kolaps, penyerapan udara dari alveoli cenderung akan menimbulkan tekanan negatif yang besar dalam alveoli dan mendorong cairan keluar dari interstisial paru ke dalam alveoli, dengan demikian menyebabkan alveoli terisi penuh dengan cairan (edema). Kolaps jaringan paru tidak hanya menyumbat alveoli tapi juga meningkatkan tahanan aliran darah melalui pembuluh darah paru. Kolaps dapat menekan dan melipat pembuluh darah sehingga volume paru berkurang⁽¹⁶⁾.

Uji fungsi paru dapat memberikan informasi kuantitatif tentang fisiologi paru. Bila didukung oleh riwayat klinis, riwayat pekerjaan dan sinar rontgen, maka uji fungsi paru dapat menentukan sifat dan tingkat keparahan dari penyakit

paru akibat kerja Uji fungsi paru untuk keperluan diagnostik pada umumnya hanya menyangkut salah satu aspek fungsi paru yaitu fungsi ventilasi.

Selain dari bentuk anatomi seseorang, faktor-faktor utama yang mempengaruhi kapasitas vital adalah : posisi seseorang selama pengukuran kapasitas vital, kekuatan otot-otot pernapasan dan pengembangan paru dan rangka dada. Kapasitas vital rata-rata pada pria dewasa muda kira-kira 4,6 liter, dan pada wanita dewasa muda kira-kira 3,1 liter. Seorang yang tinggi kurus, biasanya mempunyai kapasitas vital lebih besar dari pada orang gemuk dengan berat badan yang sama, dan seorang atlet dengan pertumbuhan yang baik dapat mempunyai kapasitas vital sebesar 30 sampai 40 % diatas normal ⁽¹⁶⁾. Faktor-faktor lain yang dapat menimbulkan gangguan ventilasi paru adalah beberapa penyakit seperti, bronkitis, asthma, pneumonia, pleuritis, tuberculosis paru, gangguan jantung dan alergi ⁽¹⁵⁾.

C. Volume dan Kapasitas Fungsi Paru

Volume paru dan kapasitas fungsi paru merupakan gambaran fungsi ventilasi sistem pernapasan. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas fungsi paru dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya kelainan fungsi ventilasi paru.

1. Volume Paru.

Selama pernapasan berlangsung, volume paru selalu berubah-ubah. Mengembang sewaktu inspirasi dan mengempis sewaktu ekspirasi. Dalam keadaan normal, pernapasan terjadi secara pasif dan berlangsung hampir tanpa disadari ⁽¹⁷⁾. Beberapa parameter yang menggambarkan volume paru adalah :

- a) Volume Tidal (*Tidal Volume=TV*), adalah volume udara yang masuk dan keluar paru pada pernapasan biasa. Besarnya TV pada orang dewasa sebanyak 500 ml.
- b) Volume Cadangan Inspirasi (*Inspiratory Reserve Volume=IRV*), volume udara yang masih dapat dihirup kedalam paru sesudah inspirasi biasa, besarnya IRV pada orang dewasa adalah 3100 ml.
- c) Volume Cadangan Ekspirasi (*Expiratory Reserve Volume=ERV*), volume udara yang masih dapat dikeluarkan dari paru sesudah ekspirasi biasa, besarnya ERV pada orang dewasa adalah 1200 ml.
- d) Volume Residu (*Residual Volume=RV*), udara yang masih tersisa didalam paru sesudah ekspirasi maksimal.

TV, IRV dan ERV dapat langsung diukur dengan spirometer, sedangkan $RV = TLC - VC$ ⁽¹³⁾.

2. Kapasitas Fungsi Paru

Kapasitas fungsi paru merupakan penjumlahan dari dua volume paru atau lebih ⁽¹⁷⁾. Yang termasuk pemeriksaan kapasitas fungsi paru adalah :

- a) Kapasitas Inspirasi (*Inspiratory Capacity=IC*), adalah volume udara yang masuk paru setelah inspirasi maksimal atau sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal ($IC = IRV + TV$).
- b) Kapasitas Vital (*Vital Capacity*), volume udara yang dapat dikeluarkan melalui ekspirasi maksimal setelah sebelumnya melakukan inspirasi maksimal. Kapasitas vital besarnya sama dengan volume inspirasi cadangan ditambah volume tidal ($VC = IRV + ERV + TV$).

- c) Kapasitas Paru Total (*Total Lung Capacity= TLC*), adalah kapasitas vital ditambah volume sisa ($TLC=VC+RV$ atau $TLC=IC+ERV+RV$).
- d) Kapasitas Residu Fungsional (*Functional Residual Capacity=FRC*), adalah volume ekspirasi cadangan ditambah volume sisa ($FRC=ERV+RV$).

3. Pengukuran Faal Paru

Pemeriksaan faal paru sangat dianjurkan bagi tenaga kerja, yaitu menggunakan spirometer dengan alasan spirometer lebih mudah digunakan, biaya murah, ringan praktis, bisa dibawa kemana-mana, tidak memerlukan tempat khusus, cukup sensitif, akurasinya tinggi, tidak invasif dan cukup dapat memberi sejumlah informasi dan handal ⁽⁴⁾. Dengan pemeriksaan spirometri dapat diketahui semua volume paru kecuali volume residu, semua kapasitas paru kecuali kapasitas paru yang mengandung komponen volume residu. Dengan demikian dapat diketahui gangguan fungsional ventilasi paru dengan jenis gangguan digolongkan menjadi 2 bagian, yaitu:

- a) Gangguan faal paru *obstruktif*, yaitu hambatan pada aliran udara yang ditandai dengan penurunan pada FEV_1 dan VC.
- b) Gangguan faal paru *restriktif*, adalah hambatan pada pengembangan paru yang ditandai dengan penurunan pada VC, RV dan TLC ⁽¹⁷⁾.

Dari berbagai pemeriksaan faal paru, yang sering dilakukan adalah :

1) *Vital Capacity (VC)*

Adalah volume udara maksimal yang dapat dihembuskan setelah inspirasi yang maksimal. Ada 2 macam vital capacity berdasarkan

cara pengukurannya, yaitu : 1) *Vital Capacity (VC)*, disini subyek tidak perlu melakukan aktivitas pernapasan dengan kekuatan penuh dan 2) *Forced Vital Capacity (FVC)*, pemeriksaan dilakukan dengan kekuatan maksimal. Sedangkan berdasarkan fase yang diukur, ada 2 macam VC, yaitu : 1) *VC inspirasi*, VC diukur hanya pada fase inspirasi dan 2) *VC ekspirasi*, diukur hanya pada fase ekspirasi ⁽¹³⁾.

Mukono (1997)⁽¹³⁾ mengatakan bahwa pada orang normal tidak ada perbedaan antara FVC dan VC, sedangkan pada keadaan kelainan obstruksi terdapat perbedaan antara VC dan FVC. VC merupakan refleksi dari kemampuan elastisitas atau jaringan paru atau kekakuan pergerakan dinding toraks. VC yang menurun merupakan kekakuan jaringan paru atau dinding toraks, sehingga dapat dikatakan pemenuhan (*compliance*) paru atau dinding toraks mempunyai korelasi dengan penurunan VC. Pada kelainan obstruksi ringan VC hanya mengalami penurunan sedikit atau mungkin normal.⁽²⁾

2) *Forced Expiratory Volume in 1 second (FEV₁)*

Adalah besarnya volume udara yang dikeluarkan dalam satu detik pertama. Lama ekspirasi orang normal berkisar antara 4—5 detik dan pada detik pertama orang normal dapat mengeluarkan udara pernapasan sebesar 80 % dari nilai VC. Fase detik pertama ini dikatakan lebih penting dari fase-fase selanjutnya. Adanya obstruksi pernapasan didasarkan atas besarnya volume pada detik pertama tersebut. Interpretasi tidak didasarkan nilai absolutnya tetapi pada

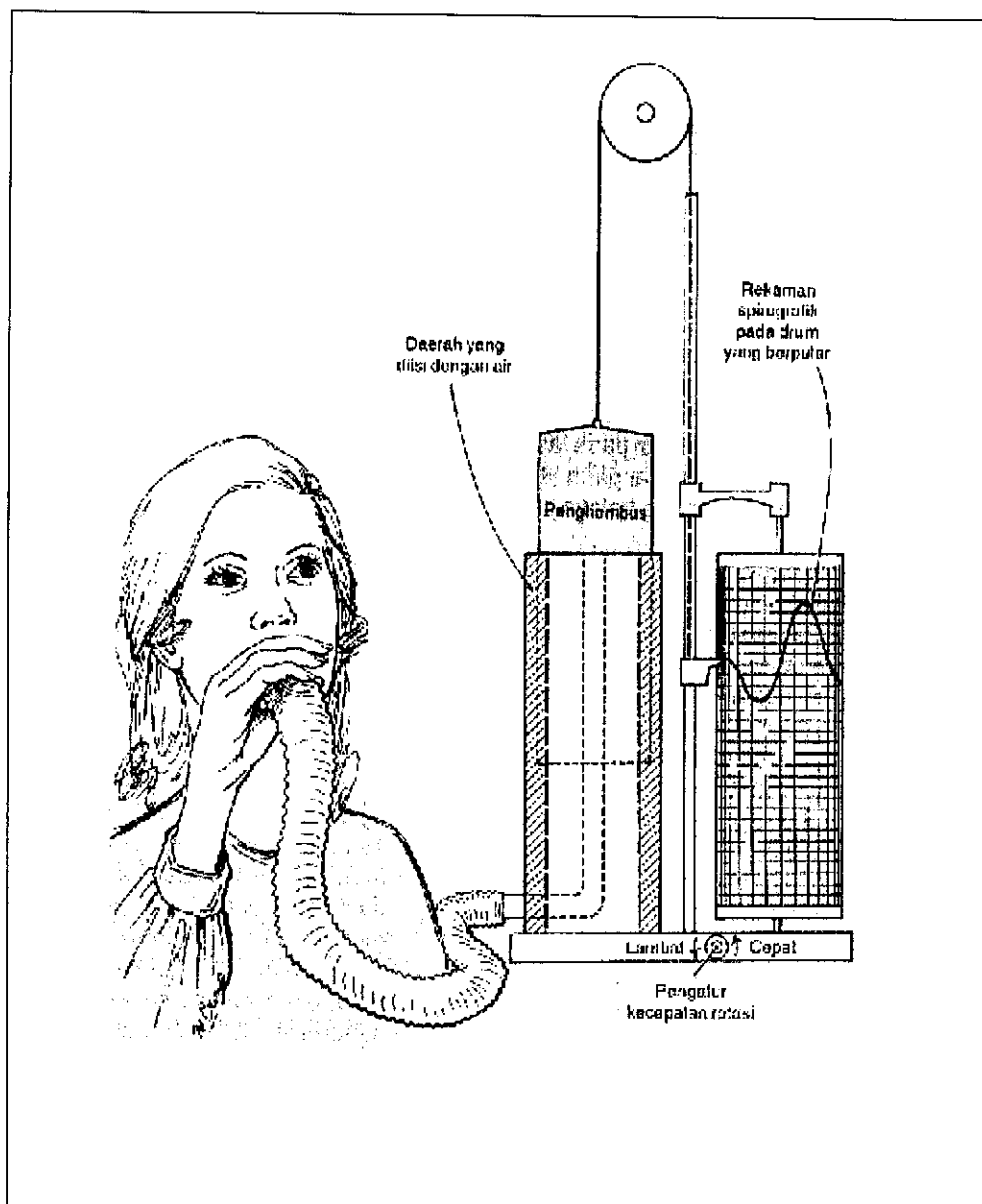
perbandingan dengan FVCnya. Bila FEV_1/FVC kurang dari 75% berarti abnormal ⁽²⁾.

Pada penyakit obstruktif seperti bronkitis kronik atau emfisema terjadi pengurangan FEV_1 yang lebih besar dibandingkan kapasitas vital (kapasitas vital mungkin normal) sehingga rasio FEV_1/FVC kurang dari 80 %.

3) *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)*.

PEFR adalah flow/aliran udara maksimal yang dihasilkan oleh sejumlah volume tertentu.

Maka PEFR dapat menggambarkan keadaan saluran pernapasan, apabila PEFR menurun berarti ada hambatan aliran udara pada saluran pernapasan. Pengukuran dapat dilakukan dengan *Mini Peak Flow Meter* atau *Pneumotachograf*. (grafik flow volume)

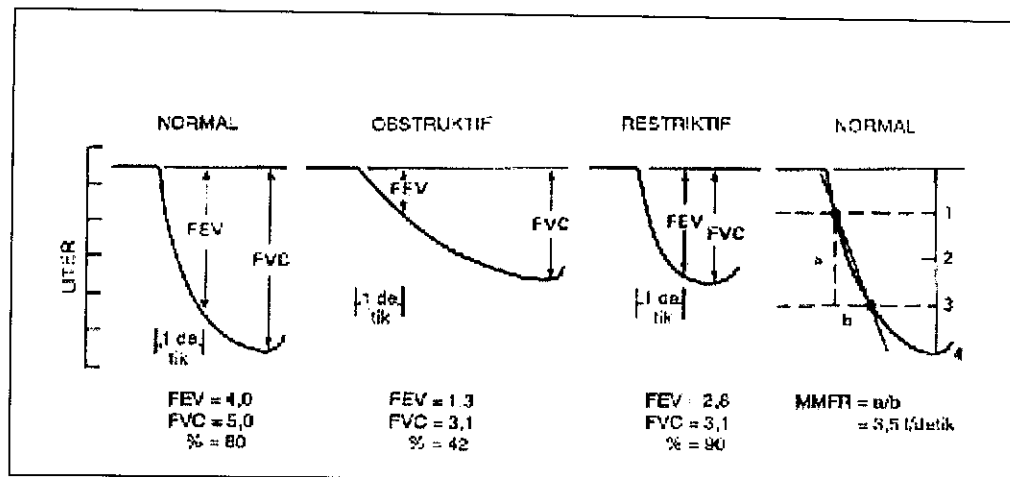


Gambar. 2.3 Spirometer

Sumber : Anderson.P.S,Mc.Carty.W.L.Clinical Concept of Disease Processes.

Edisi 4. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 1995.h.670

Kriteria diagnostik penyakit pernapasan seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.4. Prosedur Diagnostik Penyakit Pernapasan.

Sumber : Anderson.P.S,Mc.Carty.W.L.Clinical Concept of Disease Processes.

Edisi 4. penerbit Buku Kedokteran EGC.Jakarta.1995 h.646

4. Nilai Normal Faal Paru.

Untuk menginterpretasikan nilai faal paru yang diperoleh harus dibandingkan dengan nilai standarnya. Pada waktu ini banyak diterbitkan nilai normal yang kesemuanya mempunyai ciri-ciri yang berbeda dalam pengumpulan datanya perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh seleksi sampel, metodologi, teknik penilaian dan kelompok etnik subyek yang diperiksa.

Menurut Moris ada 3 metode untuk mengidentifikasi kelainan faal paru:

- Disebut normal* bila nilai prediksinya lebih dari 80%. Untuk FEV_1 tidak memakai nilai absolut akan tetapi menggunakan perbandingan dengan FVC nya yaitu FEV_1/FVC dan bila didapatkan nilai kurang dari 0,70 dianggap normal.

b) *Metode dengan 95th percentile*, pada metode ini subyek dinyatakan dengan persen predicted dan nilai normal terendah apabila berada diatas 95% populasi.

c) *Metode 95% Confidence Interval (CI)*. Pada metode ini batas normal terendah adalah nilai prediksi dikurangi 95% CI.

95% CI setara dengan 1,96 kali SEE untuk 2 tailed test atau 1,65 kali SEE untuk 1 tailed test.

5. Nilai Ambang Batas (NAB).

Telah diketahui dan dimaklumi bahwa bahan-bahan dan peralatan kerja disatu pihak mutlak diperlukan bagi pembangunan demi kesejahteraan dan kemajuan bangsa. Dipihak lain dapat memberikan akibat-akibat negatif terutama bagi tenaga kerja, seperti gangguan keselamatan, kesehatan dan kenyamanan kerja serta gangguan pencemaran lingkungan ⁽¹⁸⁾.

Evaluasi bahan pencemar diudara lingkungan kerja berbeda dengan evaluasi bahan pencemar diudara bebas atau ambien. Proses kimiawi analisa polutan mungkin sama, misalnya metoda gravimetrik untuk debu dan analisa gas organik dengan gas kromatografi, namun perbedaan prinsipil terletak pada tatacara pengambilan sampel dan nilai ambang. Di Indonesia NAB untuk lingkungan kerja dikeluarkan oleh Menteri Tenaga Kerja RI ⁽¹⁹⁾.

Nilai ambang batas (NAB) adalah standar faktor-faktor lingkungan kerja yang dianjurkan ditempat kerja agar tenaga kerja masih dapat menerimanya tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan, dalam pekerjaan sehari-hari untuk waktu tidak melebihi 8 jam sehari atau 40 jam seminggu. Kegunaan NAB

ini sebagai rekomendasi pada praktek higiene perusahaan dalam melakukan penatalaksanaan lingkungan kerja sebagai upaya untuk mencegah dampaknya terhadap kesehatan (SE. 01/Men/1997). Untuk debu kayu lunak seperti debu kayu albasia telah ditetapkan oleh Depnaker dalam Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No:SE 01/Men/1997 tentang Nilai Ambang Batas Debu Kayu di Udara Lingkungan Kerja adalah sebesar 5 mg/m^3 .

6. Penurunan fungsi paru oleh kualitas udara.

a) *Mekanisme terjadinya penurunan fungsi paru akibat terpapar debu.*

Untuk mendapatkan energi, manusia memerlukan oksigen yang digunakan untuk pembakaran zat makanan dalam tubuh. Pemenuhan kebutuhan oksigen tersebut diperoleh dari udara melalui proses respirasi. Paru merupakan salah satu organ sistem respirasi yang berfungsi sebagai tempat penampungan udara, sekaligus merupakan tempat berlangsungnya pengikatan oksigen oleh hemoglobin. Interaksi udara dengan paru berlangsung setiap saat, oleh karena itu kualitas udara yang terinhalasi sangat berpengaruh terhadap faal paru.

Udara dalam keadaan tercemar, partikel polutan ikut terinhalasi dan sebagian akan masuk kedalam paru. Selanjutnya, sebagian partikel akan mengendap di alveoli. Adanya pengendapan partikel dalam alveoli, ada kemungkinan fungsi paru akan mengalami penurunan. Menurut Thomas (1985)⁽²⁰⁾, terdapatnya debu di alveolus akan menyebabkan terjadinya statis partikel debu dan dapat menyebabkan kerusakan dinding alveolus, selanjutnya merupakan salah satu faktor predisposisi PPOM.

b) Mekanisme penimbunan debu dalam jaringan paru

Faktor yang dapat berpengaruh pada inhalasi bahan pencemar ke dalam paru adalah faktor komponen fisik, faktor komponen kimiawi dan faktor penderita itu sendiri ⁽¹⁸⁾. Aspek komponen fisik yang pertama adalah keadaan dari bahan yang diinhalasi (gas, debu, uap). Ukuran dan bentuk akan berpengaruh dalam proses penimbunan di paru, demikian pula kelarutan dan nilai higroskopisnya. Komponen kimia yang berpengaruh antara lain kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan disekitarnya, keasaman atau tingkat alkalinitas (dapat merusak silia dan sistem enzim). Bahan-bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas di paru dan dapat bersifat antigen yang masuk paru. Faktor manusia sangat perlu diperhatikan terutama yang berkaitan dengan sistem pertahanan paru, baik secara anatomis maupun fisiologis, lamanya paparan dan kerentanan individu.

Mekanisme penimbunan debu dalam paru dapat dijelaskan sebagai berikut : debu diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap, debu yang berukuran antara 5-10 μ akan ditahan oleh saluran napas atas, sedangkan debu yang berukuran 3-5 μ akan ditahan oleh bagian tengah jalan pernapasan, debu yang berukuran 1-3 μ disebut debu respirabel, merupakan ukuran yang paling berbahaya, karena akan tertahan dan tertimbun (menempel) mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli dan debu yang berukuran 0,1-1 μ bergerak keluar masuk alveoli sesuai dengan gerak Brown ⁽²¹⁾. Partikel debu yang masuk ke dalam paru-paru akan membentuk fokus dan berkumpul dibagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag akan merangsang terbentuknya makrofag baru.

Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus menerus berperan penting pada pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru, yaitu pada dinding alveoli dan jaringan ikat intertestisial. Akibat fibrosis paru akan terjadi penurunan elastisitas jaringan paru (pengerasan jaringan paru) dan menimbulkan gangguan pengembangan paru ⁽¹⁾. Bila pengerasan alveoli mencapai 10% akan terjadi penurunan elastisitas paru yang menyebabkan kapasitas vital paru akan menurun dan dapat mengakibatkan berkurangnya suplai oksigen ke dalam jaringan otak, jantung dan bagian-bagian tubuh lainnya.

c) *Mekanisme pengendapan partikel debu di paru.*

Menurut Pope (1989)⁽²²⁾, mekanisme pengendapan partikel debu di paru berlangsung dengan berbagai cara:

- 1) *Gravitasi*, sedimentasi partikel yang masuk saluran napas karena gaya gravitasi;
- 2) *Impaction* yaitu partikel terbentur di percabangan bronkus dan jatuh pada percabangan yang kecil;
- 3) *Brown diffusion* yaitu mengendapnya partikel yang diameter lebih besar dari dua mikron yang disebabkan oleh terjadinya gerakan keliling (gerakan Brown) dari partikel oleh energi kinetik;
- 4) *Electrostatic*, terjadi karena saluran napas dilapisi mukus, yang merupakan konduktor yang baik secara elektrostatis;

- 5) *Interception* yaitu terjadi pengendapan yang berhubungan dengan sifat fisik partikel berupa ukuran panjang/besar partikel hal ini penting untuk mengetahui dimana terjadi pengendapan.
- d) *Faktor yang mempengaruhi terjadinya pengendapan partikel debu di paru.*

Tidak semua partikel yang terinhalasi akan mengalami pengendapan di paru. Faktor pengendapan debu di paru dipengaruhi oleh pertahanan tubuh dan karakteristik debu itu sendiri. Karakteristik dimaksud meliputi jenis debu, ukuran partikel debu, konsentrasi partikel dan lama paparan, pertahanan tubuh.

1) *Jenis debu.*

Jenis debu terkait dengan daya larut dan sifat kimianya. Adanya perbedaan daya larut dan sifat kimiawi ini, maka kemampuan mengendapnya juga akan berbeda pula. Demikian juga tingkat kerusakan yang ditimbulkannya juga akan berbeda pula. Suma'mur (1983)⁽¹⁸⁾, mengelompokkan partikel debu menjadi dua yaitu *debu organik* dan *anorganik*, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 1 : Jenis debu yang dapat menimbulkan penyakit paru pada manusia

No	Jenis debu	Contoh (jenis debu)
I	Organik	
	a. Alamiah	
	1 Fosil	Batu bara, karbon hitam, arang, granit
	2 Bakteri	TBC, antraks, enzim bacillus subtilis
	3 Jamur	Koksidiomikosis, histoplasmosis, kriptokokus thermophilic actinomycosis
	4 Virus	Psikatosi, cacar air, Q fever
	5 Sayuran	Kompos jamur, ampas tebu, tepung padi, gabus, atap alang-alang, katun, rami, serat nanas
II	6 Binatang	Kotoran burung merpati, kesturi, ayam
	b. Sintetis	
	1 Plastik	Politetrafluoretilen, toluene diisosiyanat
	2 Reagen	Minyak isopropyl, pelarut organik
	Anorganik	
	a. Silika bebas	
	1 Crystalline	Quarz, trymite cristobalite
	2 Amorphous	Diatomaceous earth, silica gel
	b. Silika	
	1 Fibrosis	Asbestosis, sillinamite, talk
	2 Lain-lain	Mika, kaolin, debu semen
	c. Metal	
	1 Inert	Besi, barium, titanium, tin, aluminium, seng
	2 Lain-lain	Berilium
	3 Bersifat keganasan	Arsen, kobal, nikel, hematite, uranium, asbes, Khrom

2) Ukuran Partikel.

Tidak semua partikel dalam udara yang terinhalasi akan mencapai paru.

Partikel yang berukuran besar pada umumnya telah tersaring di hidung, sedangkan partikel yang lebih kecil dapat melewati saringan tersebut. Partikel dengan diameter 0,5-6 μ yang disebut partikel terhisap yang dapat mencapai alveoli. Partikel berdiameter > 2,5 μ dapat mengendap di alveoli dan menyebabkan

terjadinya pneumokoniosis. Menurut Pope (1989)⁽²²⁾, partikel debu yang berdiameter $> 10 \mu$ yang disebut *coarse particle* atau PM10 merupakan indikator yang baik tentang adanya kelainan saluran pernapasan, karena adanya hubungan yang kuat antara gejala penyakit saluran pernapasan dengan kadar partikel debu di udara.

3) Konsentrasi partikel debu dan lama paparan.

Semakin tinggi konsentrasi partikel debu dalam udara dan semakin lama paparan berlangsung, jumlah partikel yang mengendap di paru juga semakin banyak. Setiap inhalasi 500 partikel per millimeter kubik udara, setiap alveoli paling sedikit menerima 1 partikel dan apabila konsentrasi mencapai 1000 partikel per millimeter kubik, maka 10% dari jumlah tersebut akan tertimbun di paru. Konsentrasi yang melebihi 5000 partikel per millimeter kubik sering dihubungkan dengan terjadinya pneumokoniosis.⁽²³⁾ Pneumokoniosis akibat debu akan timbul setelah penderita mengalami kontak lama, jarang ditemui kelainan bila paparan kurang dari 10 tahun⁽²⁴⁾. Pada pekerja yang berada di lingkungan yang kadar debunya tinggi dalam waktu yang lama, memiliki risiko tinggi terkena obstruksi⁽¹⁾. Sedangkan Hendrawati dkk (1998) masa kerja yang mempunyai kecenderungan sebagai faktor risiko terjadinya obstruksi pada pekerja di industri yang berdebu lebih dari 10 tahun.

Dengan demikian lama paparan mempunyai pengaruh besar terhadap kejadian gangguan fungsi paru.

4) Pertahanan Tubuh Terhadap Paparan Partikel Debu Yang Terinhalasi.

Beberapa orang yang mengalami paparan debu yang sama baik jenis maupun ukuran partikel, konsentrasi maupun lamanya paparan berlangsung, tidak selalu menunjukkan akibat yang sama. Mungkin sebagian ada yang mengalami gangguan paru berat, namun ada yang ringan, bahkan mungkin ada yang tidak mengalami gangguan sama sekali.

Hal ini diperkirakan berhubungan dengan perbedaan kemampuan sistem pertahanan tubuh. Pertahanan tubuh terhadap paparan partikel debu terinhalasi, menurut Miller (1989)⁽²³⁾ dilakukan dengan 3 cara, ketiga cara tersebut adalah :

- a) *Secara mekanik* yaitu : pertahanan yang dilakukan dengan menyaring partikel yang ikut terinhalasi bersama udara dan masuk saluran napas. Penyaringan berlangsung di hidung, nasofaring dan saluran napas bagian bawah yaitu, bronkus dan bronkioli. Di hidung penyaringan dilakukan oleh bulu-bulu yang terdapat dilubang, sedangkan di bronkus dilakukan reseptor yang terdapat pada otot polos yang dapat berkonstraksi apabila ada iritasi.

Apabila rangsangan yang terjadi berlebihan, tubuh akan memberikan reaksi berupa bersin atau batuk yang dapat mengeluarkan benda asing, termasuk partikel debu dari saluran napas bagian atas maupun bronkus.

- b) *Secara kimia*, yaitu cairan dan silia dalam saluran napas secara fisik dapat memindahkan partikel yang melekat disaluran napas, dengan

gerakan silia yang '*mucocilliary escalator*' ke laring. Cairan tersebut bersifat detoksikasi dan bakterisid.

Pada paru bagian perifer terjadi ekskresi cairan secara terus-menerus dan perlahan-lahan dari bronkus ke alveoli melalui sistem limfatik. Selanjutnya, makrofag alveolar memfagosit partikel yang ada di permukaan alveoli.

c) *Sistem imunitas*, melalui proses biokimiawi yaitu humoral dan seluler.

Ketiga sistem tersebut saling berkait dan berkoordinasi dengan baik sehingga partikel yang terinhalasi disaring berdasarkan pengendapan kemudian terjadi mekanisme reaksi atau perpindahan partikel.

7. Faktor-faktor yang mempengaruhi gejala saluran pernapasan dan gangguan ventilasi paru.

Banyak faktor yang mempengaruhi gejala saluran pernapasan dan gangguan ventilasi paru. Khususnya dari aspek tenaga kerja, yaitu usia tenaga kerja, kebiasaan merokok, status gizi, masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri saat bekerja.

Faal paru tenaga kerja dipengaruhi oleh umur. Meningkatnya umur seseorang maka kerentanan terhadap penyakit akan bertambah, khususnya gangguan saluran pernapasan pada tenaga kerja ⁽⁴⁾. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian Lestari (2000)⁽⁷⁾, terdapat hubungan yang signifikan antara usia dengan kelainan faal paru tenaga kerja.

Tembakau sebagai bahan baku rokok mengandung bahan toksik dan dapat mempengaruhi kondisi kesehatan karena lebih dari 2000 zat kimia, 1200 jenis

diantaranya sebagai bahan beracun bagi kesehatan manusia. Dengan demikian tenaga kerja yang mempunyai kebiasaan merokok dapat mempunyai risiko atau pemicu timbulnya keluhan subyektif saluran pernapasan dan gangguan ventilasi paru pada tenaga kerja Giarno (1995)⁽²⁵⁾, Lubis (1991)⁽²⁶⁾ juga menyatakan tenaga kerja yang perokok merupakan salah satu faktor risiko penyebab penyakit saluran pernapasan. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Weiss dan Segall (1986)⁽²⁷⁾, Rahajoe dkk (1994)⁽¹⁵⁾ yang mengungkapkan kebiasaan merokok dapat menimbulkan gangguan ventilasi paru karena dapat menyebabkan iritasi dan sekresi mukus yang berlebihan pada bronkus. Keadaan seperti ini dapat mengurangi efektifitas mukosiler dan membawa partikel-partikel debu sehingga merupakan media yang baik tumbuhnya bakteri.

Yunus (1997)⁽⁴⁾ mengatakan asap rokok dapat meningkatkan risiko timbulnya penyakit bronkitis dan kanker paru, untuk itu tenaga kerja hendaknya berhenti sebagai perokok terutama bila bekerja pada tempat-tempat yang mempunyai risiko terjadi penyakit bronkitis dan kanker paru. Beberapa penelitian lain tentang bahaya merokok terhadap kesehatan manusia khususnya saluran pernapasan dan gangguan ventilasi paru diantaranya dikemukakan oleh , Mangesiha dan Bakele (1998)⁽²⁸⁾, terdapat hubungan yang signifikan antara kebiasaan merokok dan gangguan saluran pernapasan.

Dhaise dkk, (1997)⁽²⁹⁾ mengemukakan hal sama yaitu : tenaga kerja yang perokok dan berada di lingkungan yang berdebu maka cenderung mengalami gangguan saluran pernapasan dibanding dengan tenaga kerja yang berada pada lingkungan yang sama tetapi tidak perokok. Bohadana dkk, (2000)⁽³⁰⁾ melaporkan

juga bahwa tenaga kerja di bagian pengolah kayu yang mempunyai kebiasaan merokok cenderung terjadi penurunan fungsi paru dibandingkan tenaga kerja di bagian kantor. Lestari, (2000)⁽⁷⁾ melaporkan bahwa pekerja di perusahaan plywood yang mempunyai kebiasaan merokok mempunyai peluang akan mengalami gangguan faal paru. Hessel dkk, (1995)⁽³¹⁾ mengemukakan hal yang sama bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara tenaga kerja pengolahan kayu di bagian sawmill yang mempunyai kebiasaan merokok dengan penurunan faal paru.

Status gizi merupakan keadaan tubuh sebagai akibat konsumsi makan dan zat gizi. Dalam hal ini status gizi di bedakan antara status gizi buruk, kurang, baik dan lebih. Salah satu akibat kekurangan gizi dapat menurunkan sistem imunitas dan anti bodi sehingga orang mudah terserang infeksi seperti : pilek, batuk, diare dan juga berkurangnya kemampuan tubuh untuk melakukan detoksifikasi terhadap benda asing seperti debu kayu yang masuk dalam tubuh⁽³²⁾.

Status gizi tenaga kerja erat kaitannya dengan tingkat kesehatan tenaga kerja maupun produktivitas tenaga kerja. Dalam hal ini gizi kerja yang baik akan meningkatkan derajat kesehatan tenaga kerja dan akan mempengaruhi produktivitas tenaga kerja yang berarti peningkatan produktivitas perusahaan dan produktivitas nasional⁽³³⁾.

Dalam suatu kegiatan industri, paparan dan risiko yang ada di tempat kerja tidak selalu dapat dihindari. Upaya untuk pencegahan terhadap kemungkinan penyakit akibat kerja dan kecelakaan kerja harus senantiasa dilakukan. Ada beberapa alternatif pengendalian (secara teknik dan administratif) yang bisa

dilaksanakan namun mempunyai beberapa kendala. Pilihan yang sering dilakukan adalah melengkapi tenaga kerja dengan alat pelindung diri, menjadi suatu keharusan. Hal ini sesuai dengan Undang-undang No.1Th 1970 tentang Keselamatan Kerja khususnya pasal 9,12 dan 14 yang mengatur penyediaan dan penggunaan alat pelindung diri di tempat kerja, baik pengusaha maupun bagi tenaga kerja ⁽³⁴⁾.

Secara sederhana yang dimaksud dengan alat pelindung diri (APD) adalah seperangkat alat yang digunakan tenaga kerja untuk melindungi sebagian atau seluruh tubuhnya dari adanya potensi bahaya atau kecelakaan kerja. APD tidak secara sempurna melindungi tubuhnya tetapi akan dapat mengurangi tingkat keparahan yang akan terjadi. Pengendalian ini sebaiknya tetap dipadukan dan sebagai pelengkap pengendalian teknis maupun pengendalian administratif ⁽³⁴⁾.

APD yang cocok bagi tenaga kerja yang berada pada lingkungan kerja yang mempunyai paparan debu dengan konsentrasi tinggi adalah :

Alat pelindung pernapasan

Berguna untuk melindungi pernapasan terhadap gas, uap, debu atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang dapat bersifat racun, korosi ataupun rangsangan.

- **Masker** untuk melindungi debu/partikel-partikel yang lebih besar yang masuk ke dalam pernapasan, dapat terbuat dari kain dengan ukuran pori-pori tertentu.
- **Respirator**, berguna untuk melindungi pernapasan dari debu, kabut, uap logam, asap dan gas. Alat ini dapat dibedakan atas :

a. Respirator pemurni udara.

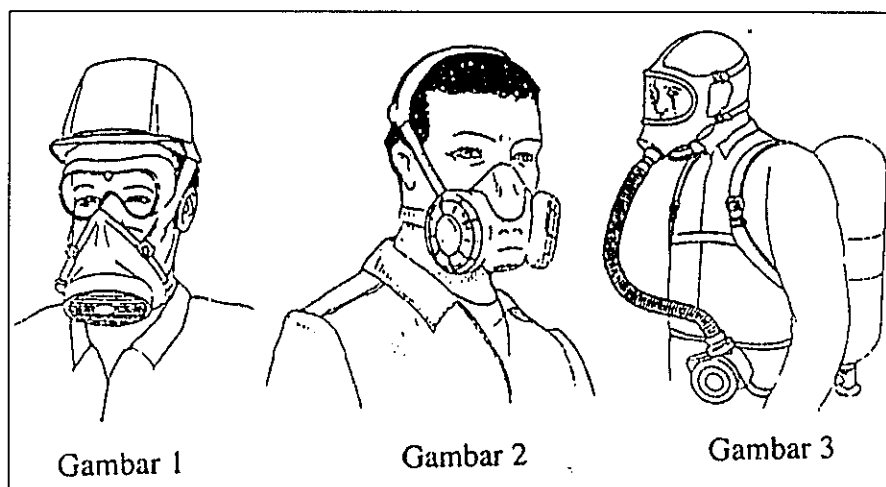
Membersihkan udara dengan cara menyaring atau menyerap kontaminan dengan toksinitas rendah sebelum memasuki sistim pernapasan. Alat pembersihnya terdiri dari filter untuk menangkap debu dari udara (Gambar 1) atau tabung kimia yang dapat menyerap gas, uap dan kabut (Gambar 2).

b. Respirator penyalur udara

Membersihkan aliran udara yang tidak terkontaminasi secara terus-menerus.

Udara dapat dipompakan dari sumber yang jauh (dihubungkan dengan selang tahan tekanan) atau dari persediaan yang portabel (seperti tabung yang berisi udara bersih atau oksigen). Jenis ini biasa dikenal dengan SCBA (self contained breathing apparatus) atau alat pernapasan mandiri.

Digunakan untuk tempat kerja yang terdapat gas beracun atau kekurangan oksigen. Alat ini dapat dilihat pada (Gambar 3).



Gambar 2.5 : Alat Pelindung Pernapasan

Sumber : A.M.Sugeng Budiono dkk, Bunga Rampai HIPERKES & KK

Ed.2 – Surakarta : PT. Tri Tunggal Tata Fajar, 2003 hal 332.

D. Efek Debu Terhadap Kesehatan

Penyakit-penyakit pernapasan dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi, letak anatomis, sifat kronik penyakit dan perubahan-perubahan struktur serta fungsi. Penyakit pernapasan yang diklasifikasikan berdasarkan disfungsi ventilasi dibagi dalam 2 katagori, yaitu penyakit-penyakit yang terutama menyebabkan gangguan ventilasi obstruktif dan penyakit-penyakit yang menyebabkan gangguan ventilasi restriktif. Klarifikasi ini dipilih karena uji spiometri dan uji fungsi ventilasi lain hampir dilakukan secara rutin dan kebanyakan penyakit-penyakit pernapasan akan mempengaruhi ventilasi.

Konsekuensi patologis dan klinis akibat exposure terhadap debu sangat bervariasi dan tergantung dari sifat debu, intensitas dan durasi exposure serta kerentanan dari individu. Bagian dari alat pernapasan yang terkena dan respons exposure tergantung dari sifat kimia, fisika dan toksisitasnya. Debu dapat diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap. Partikel yang berukuran kurang atau sama dengan $5\ \mu$ dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran $1\ \mu$ memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit di dalam alveoli. Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah $5\ \mu$, tetapi debu dengan ukuran $5-10\ \mu$ dengan kadar berbeda dapat masuk dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari $5\ \mu$ akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel /mm udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel /mm udara maka 10% dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru. ⁽²¹⁾

Akibat debu yang masuk dalam jaringan alveoli sangat tergantung dari solubilitas dan reaktivitasnya. Semakin tinggi reaktivitas suatu substansi yang

dapat mencapai alveoli dapat menyebabkan reaksi inflamasi yang akut dan oedema paru.

Pada reaksi yang sub akut dan kronis, ditandai dengan pembentukan granuloma dan fibrosis interstitial. Hampir semua debu yang mencapai alveoli akan diikat oleh makrofag, dikeluarkan bersama sputum atau ditelan dan dapat mencapai interstitial. Mekanisme clearance dari alveoli disini sangat efisien dan efektif dalam mengeliminasi debu.

Kelainan paru karena adanya deposit debu dalam jaringan paru disebut pneumokoniosis. Menurut definisi dari International Labor Organization (ILO). Pneumokoniosis adalah akumulasi debu dalam jaringan paru dan reaksi jaringan paru terhadap adanya akumulasi debu tersebut. Bila pengerasan alveoli telah mencapai 10% akan terjadi penurunan elastisitas paru yang menyebabkan kapasitas vital paru akan menurun dan dapat mengakibatkan berkurangnya suplai oksigen ke dalam jaringan otak, jantung dan bagian-bagian tubuh lainnya.

Debu yang non fibrogenik adalah debu yang tidak menimbulkan reaksi jaringan paru, contohnya adalah debu besi, kapur dan timah. Debu ini dahulu dianggap tidak merusak paru disebut debu inert, tetapi diketahui belakangan bahwa tidak ada debu yang benar-benar inert. Dalam dosis besar semua debu bersifat merangsang dan dapat menimbulkan reaksi walaupun ringan. Reaksi ini berupa produksi lendir berlebihan, bila ini terus berlangsung dapat terjadi hiperplasi kelenjar mukus. Jaringan paru juga dapat berubah dengan terbentuknya jaringan ikat retikulin. Penyakit paru ini disebut pneumokoniosis non kolagen^(21,35).

Debu fibrogenik dapat menimbulkan reaksi jaringan paru sehingga terbentuk jaringan parut (fibrosis). Penyakit ini disebut dengan pneumokoniosis kolagen. Termasuk jenis ini adalah debu silika bebas, batu bara dan asbes^(36,21).

Debu yang masuk saluran napas, menyebabkan timbulnya reaksi mekanisme pertahanan non spesifik berupa batuk, bersin, gangguan transport mukosilier dan fagositosis oleh makrofag⁽³⁶⁾. Otot polos disekitar jalan napas dapat terangsang sehingga menimbulkan penyempitan. Keadaan ini biasanya terjadi bila kadar debu melebihi nilai ambang batas.

Sistem mosikuler juga mengalami gangguan dan menyebabkan produksi lendir bertambah. Bila lendir makin banyak atau mekanisme pengeluarannya tidak sempurna terjadi obstruksi saluran nafas sehingga resistensi jalan nafas meningkat.

Partikel debu yang masuk ke dalam alveoli akan membentuk fokus dan berkumpul di bagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag seperti silika bebas merangsang terbentuknya makrofag baru. Makrofag baru memfagositosis silika bebas tadi sehingga terjadi autolisis, keadaan ini terjadi berulang-ulang. Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus menerus berperan penting pada pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru, yaitu pada dinding alveoli dan jaringan intertestisial. Akibat fibrosis paru akan menjadi kaku, menimbulkan gangguan pengembangan paru, yaitu kelainan fungsi paru yang restriktif.

Salah satu faktor yang paling sulit diukur disini adalah kerentanan dari individu. Seorang individu yang terekspose debu di lingkungan kerja dengan konsentrasi yang sama dan durasi exposure yang sama dapat memberikan kelainan klinis yang berbeda. Hal ini disebabkan karena adanya variasi clearance dari paru, faktor genetik, penyakit paru yang ada dan adanya efek dari merokok.

E. Proses Produksi Industri Kayu

PT. SSSWI merupakan industri kayu terpadu dimana mengolah bahan baku log/papan menjadi bahan/produk setengah jadi, kayu lapis dan furniture.

Adapun jenis kayu lapis yang di hasilkan ada dua macam yaitu :

a. *Laminating Board (LB)*

Laminating Board merupakan kayu lapis atau papan yang bentuk susunannya berupa potongan-potongan kayu dengan ukuran sama besar dan disusun sejajar. Biasanya digunakan sebagai bahan untuk pembuatan perlengkapan rumah.

b. *Core Lumber Core (CLC)*

Core Lumber Core adalah kayu lapis yang bentuk susunannya berupa potongan-potongan kayu kecil yang disusun acak / tidak sejajar. CLC ini merupakan produk yang memerlukan proses lebih lanjut. Proses lebih lanjut biasanya dalam bentuk block board yaitu dengan cara menambah lapisan veneer pada core tersebut.

Produk *furniture* yang berupa tempat tidur, rak buku, lemari, meja kursi, pintu, sebagian besar diekspor.

Proses pembuatan LB dan CLC pada PT. SSSWI pada dasarnya adalah sebagai berikut : bahan baku kayu yang masih gelondongan di belah menjadi papan pada mesin *sawmill*. Hasil dari *sawmill* yang dinamakan *sawn timber*, ini kemudian dimasukkan ke mesin pengering (*kiln dry*) untuk dihilangkan kadar airnya sampai level tertentu. Papan-papan yang sudah kering ini kemudian di proses lebih lanjut menjadi LB dan CLC. Di bagian produksi papan-papan tersebut dihaluskan dengan mesin *planer*, setelah halus papan tersebut di belah menjadi bagian yang lebih kecil oleh mesin *multi ripsaw*. Lempengan kecil-kecil tersebut kemudian disusun sedemikian rupa sehingga menjadi LB oleh mesin *clamber* dan menjadi CLC dengan bantuan mesin *composer*. Untuk proses lanjut LB dan CLC dipotong empat sisi agar ukurannya sesuai dan siku, setelah proses pemotongan dilanjutkan dengan proses pengamplasan / sanding. Proses secara visual terlampir.

Ada 3 (tiga) bagian utama didalam produksi yaitu :

1. Bagian I, yang terdiri atas :

- a. Log Yard, yaitu bagian penerimaan, penyimpanan dan pendistribusian bahan baku.
- b. Bagian Saw Mill, yaitu bagian yang memproses Log atau Balok menjadi papan dengan menggunakan mesin bandsaw / breakdown.
- c. Bagian Kiln Dry, yaitu bagian pengeringan kayu dari kadar air kurang lebih 60 % menjadi berkadar air $< 14 \%$.

2. Bagian II (Wood Working Area), yang terdiri atas :

a. Gudang dan Pembahanan, yaitu bagian yang menyimpan dan menyediakan bahan untuk diproses di Wood Working Area.

b. Line I sampai dengan line IX, setiap line memproses macam – macam produk kayu dengan mesin yang berbeda selain yang menghasilkan debu halus terlebih pada line VII dan line VIII.

3. Bagian III, Furniture Component terdiri dari :

a. Furniture Cpmponent (FC) I, yaitu bagian perakitan Furniture mulai dari mesin Panel Saw, Rip, Mulding, DET, press dan CNC.

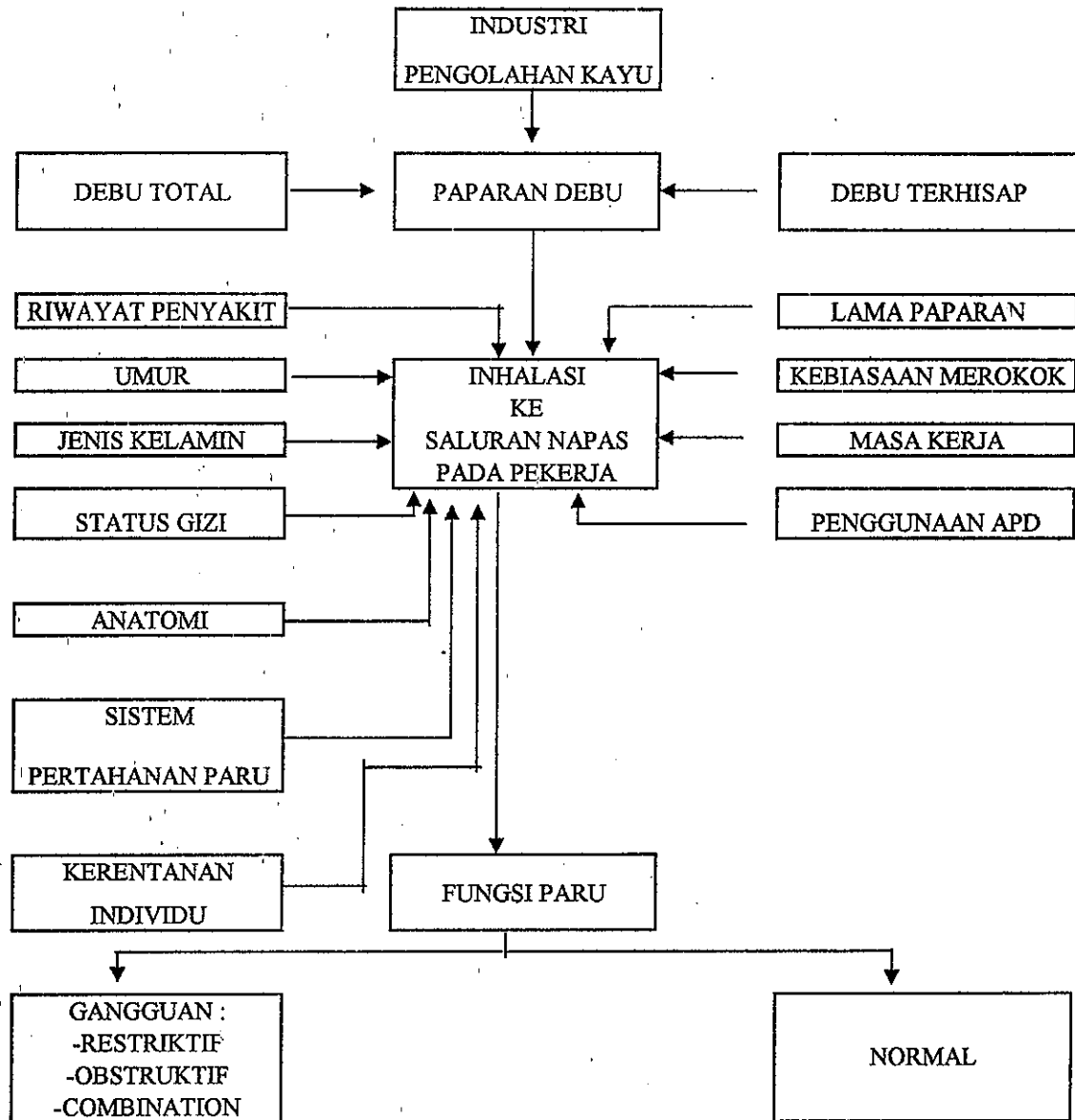
b. Furniture Component FC) II, yaitu memproses component furniture mulai proses sanding (amplas) dan finishing .

Secara umum bagian I, tidak menghasilkan kadar debu yang berbahaya karena menghasilkan limbah berupa serbuk basah dan sebetan kayu.

Sedangkan bagian II dan III menghasilkan limbah berupa debu yang berasal dari proses sanding (pengamplasan) yaitu line VIII WWA dan FC

II (sebagai obyek penelitian).

F. KERANGKA TEORITIS



G. Hipotesis

1. Ada hubungan faktor risiko kadar debu total kayu di udara terhadap gangguan fungsi paru.
2. Ada hubungan faktor risiko masa kerja terhadap gangguan fungsi paru.
3. Ada hubungan faktor risiko lama paparan terhadap gangguan fungsi paru.
4. Ada hubungan faktor risiko penggunaan APD terhadap gangguan fungsi paru.
5. Ada hubungan faktor risiko status gizi terhadap gangguan fungsi paru.
6. Ada hubungan faktor risiko kebiasaan merokok terhadap gangguan fungsi paru.
7. Ada perbedaan kapasitas vital paru terhadap pekerja di bagian Furniture Component dan Wood Working Area.
8. Ada perbedaan Kadar Debu Kayu total di bagian Furniture Component dan Wood Working Area.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Kerangka Konsep

VARIABEL BEBAS

- . Kadar Debu Kayu
Dilingkungan industri
Pengolahan kayu
- . Masa Kerja
- . Lama Paparan
- . Penggunaan APD
- . Status Gizi
- . Kebiasaan Merokok

VARIABEL TERIKAT

FUNGSI PARU
Gangguan Fungsi
Paru +/-

VARIABEL PENGANGGU

- * Umur
- * Jenis Kelamin
- * Riwayat Penyakit

Keterangan :
* Dikendalikan

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian survei observasional analitik dengan pendekatan *Cross sectional*, yaitu rancangan studi epidemiologi yang mempelajari hubungan penyakit dan paparan (faktor penelitian) dengan cara mengamati status paparan dan penyakit serentak pada individu-individu dari populasi tunggal, pada suatu saat atau periode ⁽³⁷⁾.

C. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada lingkungan industri pengolahan kayu PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry yang berlokasi di Wonosobo. Mengamati jumlah paparan debu kayu dengan kapasitas fungsi paru pada pekerja. Pelaksanaan penelitian direncanakan berlangsung mulai bulan Februari 2005 dibantu tim Hiperkes dari Semarang, Jawa Tengah.

D. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi : populasi adalah seluruh karyawan PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo, yang melakukan Medical Check Up berjumlah 400 orang di bagian Furniture Component dan Wood Working Area.

Pada bagian Sanding di FC jumlah karyawan sebanyak 109 orang dan di bagian WWA 120 orang.

2. Sampel : sampel penelitian diambil dari sebagian populasi, cara penarikan sampel dengan menggunakan metode *simple random sampling*.

Sampel dibagian FC sebanyak 33 orang dan di WWA sebanyak 37 orang.

Sampel penelitian terdiri dari :

- a. Sampel udara untuk mengukur kadar debu di lingkungan industri di bagian Furniture Component dan Wood Working Area
- b. Sampel untuk mengukur fungsi paru pada pekerja di bagian Furniture Component dan Wood Working Area.

Penentuan besar sampel menggunakan rumus sebagai berikut : ⁽³⁸⁾

$$n = \frac{Z^2_{1-1/2\alpha} p (1 - p) N}{d^2 (N - 1) + Z^2_{1-1/2\alpha} p (1 - p)}$$

dimana :

d = Derajat kesalahan yang diterima (10%)

Z = Standart deviasi normal (1,96)

P = Proporsi terjadinya gangguan fungsi paru (35%)

N = Besar populasi (400)

n = Besar sampel

Berdasarkan rumus tersebut, didapatkan besar sampel sebanyak 70 orang.

Pemilihan sampel dilakukan dengan cara :

1. Membuat kerangka pencuplikan (*sampling frame*)
2. Menentukan besar sampel (sesuai dengan rumus)
3. Menentukan besar sampel secara proporsional menurut bagian.
4. Pengambilan sampel secara acak sistematis.

Kriteria inklusi yang diajukan adalah :

1. Bersedia mengikuti penelitian.
2. Melakukan *Medical Check Up*
3. Jenis kelamin laki-laki

4. Umur antara 20 sampai dengan 40 tahun.

5. Lama kerja lebih dari 2 tahun

6. Tidak melakukan aktivitas fisik / kebiasaan berolah raga.

Kriteria eksklusi : Pada saat diteliti tidak menderita penyakit pernapasan seperti : bronkitis, radang paru, TBC paru, asma dan alergi.

E. Variabel Penelitian

Variabel-variabel penelitian terdiri dari 2 (dua) variabel, yaitu variabel terikat, dan variabel bebas.

- **Variabel Terikat** : Fungsi Paru

- **Variabel Bebas** : -Kadar Debu Kayu

-Masa Kerja, Lama Paparan, Penggunaan APD, Status Gizi, Kebiasaan Merokok.

F. Definisi Operasional

1. Kadar Debu Kayu adalah berat debu kayu dalam mgr tiap m^3 udara di ruangan kerja dan diukur menggunakan *Gravimetric High Volume*. Nilai Ambang Batas debu kayu keras adalah 5 mgr/m^3 (Surat Edaran Menaker No. SE.01/MEN/1997). Dalam penelitian pengukuran menggunakan skala nominal. Pengukuran dilakukan di bagian Furniture Component dan Wood Working Area

Dalam penelitian pengukuran menggunakan skala nominal.

Skala pengukuran (1) Diatas NAB (bila kadar debu kayu $> 5 \text{ mgr/m}^3$)

(2) Dibawah NAB (bila kadar debu kayu $\leq 5 \text{ mgr/m}^3$)

2. Gangguan Fungsi Paru adalah gangguan yang terjadi pada fungsi paru yang dikategorikan sebagai ada gangguan/sakit (tidak membedakan antara Restriktif, Obstruktif atau Combined) dan tidak ada gangguan / tidak sakit, informasi ini diperoleh dengan melakukan pengukuran fungsi paru menggunakan peralatan Spirometer, yang hasilnya disimpulkan menjadi ;

Tidak ada gangguan (Normal = N) bila nilai prediksi (perbandingan % FEV₁ dan % FVC) adalah 80 % keatas skor = 2, Ada gangguan (R,C,O) bila nilai prediksi (perbandingan % FEV₁ dan % FVC) dibawah 80 % skor = 1.

Skala Nominal.

3. Masa Kerja : lamanya seseorang bekerja pada bagian Furniture Component dan Wood Working Area di PT. SSSWI yang dihitung pada saat ia mulai bekerja sampai dengan sekarang, didapatkan dari hasil pengisian kuesioner.

Satuan : Tahun

Skala : Rasio

4. Lama Paparan : lamanya seseorang berada dalam lingkungan kerja dalam sehari dengan satuan jam/hari.

Yang angkanya diperoleh dari hasil pengisian kuesioner.

Skala : Rasio

5. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) adalah : kebiasaan responden menggunakan APD saat bekerja

Skala : Nominal

Skala pengukuran : 1. Menggunakan APD

2. Tidak Menggunakan APD

6. Status Gizi adalah : gambaran keadaan kesehatan seseorang pada suatu waktu tertentu, yang dinilai dengan menentukan Indeks Masa Tubuh (IMT) yaitu mengukur berat badan (kg) dibagi tinggi badan² (m²).

Kriteria menurut Soekirman (1999) sebagai berikut :

- a. $<18,5 \text{ kg/m}^2$ = kurus
- b. $18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$ = normal
- c. $25 - 29,9 \text{ kg/m}^2$ = gemuk
- d. $>30 \text{ kg/m}^2$ = gemuk sekali /obesitas

Skala : Nominal

Skala pengukuran :

- Status gizi kurang baik (skor IMT $<18,5$ dan $\geq 25 \text{ kg/m}^2$)
- Status gizi baik (skor IMT $18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$)

7. Kebiasaan Merokok adalah : kebiasaan merokok dari karyawan yang didapatkan dari hasil medical chek up/kuesioner.

Kriteria kebiasaan merokok berdasarkan American Thoracic Society (ATS) sebagai berikut :

- Perokok : orang yang telah merokok lebih dari 20 bungkus per tahun atau 1 batang rokok per hari selama 1 tahun dan masih merokok sampai 1 tahun terakhir.
- Bekas perokok : perokok yang telah berhenti merokok sekurang-kurangnya pada 1 bulan terakhir.
- Bukan perokok : orang yang tidak pernah merokok .

Sedangkan pembagian derajat merokok sebagai berikut :

- Derajat 1 : 1 - 12 batang per hari
- Derajat 2 : 13 – 24 batang per hari
- Derajat 3 : lebih 25 batang per hari.

Skala : Ordinal

G. Instrumen Penelitian

1. Kuesioner penelitian.

Bagi para pekerja sebagai sampel disusun dengan pertanyaan untuk memperoleh data pendukung dilakukan oleh peneliti.

2. Pengukuran Kadar Total Debu Kayu di lingkungan industri Furniture Component dan Wood Working Area.

Dengan menggunakan alat Sibata High Volume Air Sampler (HVS)-500.

Prosedur pengukuran dilakukan sebagai berikut :

- a. Menimbang kertas saring (filter) sebelum dipasang (berat awal).
- b. Memasang kertas saring (filter) pada klip filter.
- c. Mengatur flowmeter
- d. Memasang pada area pemeriksaan selama 4 jam
- e. Mengambil kertas saring (filter), dan menimbang beratnya kembali (berat akhir)

Perhitungan berat :

$$\text{Rumus : } Fr_m = \frac{Fr_a \times p \times (273 + T_a)}{Pa \times (273 - T_k)}$$

$$Fr_a = Fr \pm f.m^3$$

$$X_d = \frac{B_d}{Fr_m}$$

Dimana :

Frn = Flow rate normal

Pa = Tekanan udara aktual/lapangan

Ta = Temperature aktual/lapangan

Tk = Temperatur kalibrasi (20 °C)

P = 760 mm H₂O

T = 25 °C (normal)

F = Faktor koreksi (2,876)

Fr = Flow rate (420 h/min, skala 6)

Bd = Selisih berat debu akhir – berat debu awal

Xd = Kandungan debu

3. Pemeriksaan fungsi paru.

Digunakan alat spirometer elektrik merk SPIROANALYZER TIPE ST – 250,

Fukuda Sangyo, Ltd Jepang dengan prosedur sebagai berikut:

a. Siapkan spirometer lengkap dengan kertas grafik

b. Responden diminta untuk meniup spirometer:

- Tarik napas kuat-kuat, kemudian meniup ke alat kuat-kuat tanpa menekan tombol grafik. Dari meniupan akan dihasilkan garis vertikal yang menunjukkan besarnya *vital capacity*.
- Pada tiupan kedua, tarik napas dan tiupkan kuat-kuat bersamaan dengan menekan tombol grafik. Dari meniupan ini dihasilkan garis lengkung/kurva yang menunjukkan nilai FEV₁ (*Forced Expiratory Volume In 1 Second*).

- Kondisi fungsi paru diperoleh dari membandingkan prosentase FEV_1 dibanding FVC, dengan kemungkinan hasil:
 - Normal (N) bila nilai prediksi 80% ke atas.
 - Restrictive Impairment (R) bila $\% FVC = 60\%$ ke bawah.
 - Obstructive Impairment (O) bila $FEV_1 : FVC = 55$ ke bawah.
 - Combined Impairment (C) bila $FEV_1 : FVC \leq 55\%$ dan $\% FVC < 60\%$.
 - Karyawan yang diperiksa bernapas biasa empat kali, setelah bunyi “tik” ambil napas dalam sampai tidak kuat lagi, buang napas dengan cepat.
- Mulai pijat tombol start dan setelah selesai pijat tombol stop. Kriteria untuk menentukan derajat kapasitas fungsi paru terlihat pada Tabel berikut:

Derajat Kapasitas Fungsi Paru

Parameter Fungsi Paru	Derajat Gangguan Fungsi Paru		
	Ringan	Sedang	Berat
	%		
VC	60-79	40-59	<40
FVC	60-79	40-59	<40
FEV_1/FVC	60-79	40-59	<40

Sumber : (Epler, 1997)

4. Pemeriksaan fisik.

Untuk pemeriksaan berat badan dengan alat penimbang berat badan ‘portable’ merk Kubota, tinggi badan dengan menggunakan meteran tinggi badan standar.

H. Cara Pengumpulan Data

Secara garis besar variabel/data yang akan diambil dan cara pengambilannya adalah sebagai berikut :

NO.	DATA/VARIABEL	METODE/CARA PENGAMBILAN DATA	KETERANGAN
1.	Kadar Debu Kayu dilingkungan industri pengolahan kayu	- Gravimetric Hi Vol	Data primer
2.	Faktor Risiko : (Masa Kerja, Lama Paparan, Penggunaan APD, Status Gizi Kebiasaan Merokok)	-Kuesioner -Hasil Medical Chek up -Catatan Medis	-Data primer
3.	Fungsi paru : Gangguan fungsi Paru +/-	-Spirometri test	-Data primer

I. Pengolahan dan Analisis Data

1. Pengolahan data

a. Kadar Debu Kayu di lingkungan industri pengolahan kayu adalah jumlah atau konsentrasi debu kayu di ruang kerja dalam mgr/m^3 kemudian dikategorikan menjadi $<\text{NAB}$ dan $>\text{NAB} = 5 \text{ mgr/m}^3$.

skala : nominal

Pengukuran dengan menggunakan Gravimetric Hi Vol

b. Fungsi paru

Kondisi fungsi paru diperoleh dari membandingkan prosentase FEV_1 dibanding FVC dengan kemungkinan hasil ;

- Normal (N) , bila nilai prediksi 80 % keatas.
- Restrictive Impairment (R) bila $\% \text{FVC} = 60 \%$ kebawah
- Obstructive Impairment (O) bila $\text{FEV}_1 : \text{FVC} = 55 \%$ kebawah.

- Combined Impairment (C) bila $FEV_1 : FVC = < 55\%$ dan $\%FVC = < 60\%$

2. Analisis data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan program *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) versi 10,0 yang meliputi analisis sebagai berikut :

a. Univariat

Hasil penelitian akan dideskripsikan dengan menggunakan tabel distribusi frekuensi dan analisa presentase.

b. Bivariat

1. Dilakukan untuk mengetahui kemaknaan hubungan, ada tidaknya faktor risiko antara variabel bebas dan variabel terikat secara satu persatu. Uji statistik yang di gunakan untuk membantu analisis adalah uji Chi Square Test dengan tabulasi silang 2x2 untuk mencari Rasio Prevalensi (RP)

Prosedur untuk menentukan Rasio Prevalensi.

a) Membuat variabel bebas dan variabel terikat menjadi dikotomis

- Variabel bebas : paparan debu kayu diatas Nilai Ambang Batas bila kadar debu kayunya $> 5 \text{ mgr/m}^3$

Paparan debu kayu dibawah Nilai Ambang Batas bila kadar debu kayu $\leq 5 \text{ mgr/m}^3$

- Variabel terikat : - fungsi paru normal bila nilai prediksi (perbandingan $\%FEV_1$ dan $\%FVC$) adalah $> 80\%$.
- fungsi paru tidak normal bila nilai prediksi (perbandingan $\%FEV_1$ dan $\%FVC$) $< 80\%$.

b) Membuat tabel 2 x 2

		FUNGSI PARU		
FAKTOR RISIKO		TIDAK NORMAL	NORMAL	JUMLAH
	+	A	B	A+B
	-	C	D	C+D

Menghitung Rasio Prevalensi dengan rumus $(RP) = A/A+B : C/C+D$

Menurut Sastroasmoro.S, Ismael.S (2002)⁽³⁹⁾ interpretasi hasil faktor risiko dengan menggunakan tabel 2 x 2 adalah :

- Jika nilai ratio prevalen = 1, berarti faktor risiko pada lingkungan industri pengolahan kayu di Kab. Wonosobo bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.
- Jika nilai rasio prevalen >1, berarti faktor risiko pada lingkungan industri pengolahan kayu di Kab. Wonosobo merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.
- Jika nilai rasio prevalen <1, berarti paparan faktor risiko pada lingkungan industri pengolahan kayu di Kab. Wonosobo merupakan faktor protektif untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada karyawan.

2. Untuk mengetahui perbedaan kapasitas vital paru karyawan antara bagian Furniture Component dengan Wood Working Area di lakukan analisis dengan uji independen t test pada $\alpha = 0,05$.

c. Multivariat

Analisis multivariat dilakukan dengan menggunakan regresi logistik dengan metode enter untuk mengetahui pengaruh masing-masing variabel/sub variabel yang dilakukan secara bersama-sama, dengan rumus sebagai berikut: (Santoso, 2000).⁽⁴⁰⁾

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(-a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k)}}$$

Keterangan :

p : Probabilitas terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.

e : Bilangan natural = 2,718

a : Nilai konstan

b : Nilai variabel

x : Variabel yang diteliti

Berdasarkan hasil analisis multivariat dapat menentukan variabel mana yang mempunyai pengaruh dan seberapa besar pengaruhnya terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Gambaran Umum Perusahaan:

PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry (PT. SSSWI), berdiri tahun 1989 dan terletak di jalan Raya Purworejo, Km 13, Dusun Silempah, Desa Sedayu Kecamatan Sapuran Kabupaten Wonosobo dan merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan kayu, terutama kayu hutan tanaman industri. Produk yang dihasilkan berupa kayu lapis dan furniture.

Perusahaan sudah memiliki sarana klinik kesehatan, organisasi P2K3 (Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja) dan mengadakan pemeriksaan kesehatan awal serta pemeriksaan kesehatan secara periodik dan khusus.

Pemeriksaan kesehatan bagi tenaga kerja baik pemeriksaan awal maupun secara berkala dan khusus perlu dilakukan, yang bertujuan agar penempatan tenaga kerja pada bidang kerjanya masing-masing dapat berjalan efektif tanpa menimbulkan risiko bahaya baru.

Ada 3 (tiga) bagian utama di dalam produksi yaitu :

Bagian I : terdapat : a) Logyard b) Sawmill c) Kiln Dry

Bagian II : Wood Working Area (WWA)

Bagian III : Furniture Component (FC)

Sebagai tempat penelitian yaitu : Bagian sanding mesin WWA dan bagian sanding manual (FC)

Penelitian ini bersifat *cross sectional*, sampel diambil secara *simple random sampling*.

Penelitian dilakukan terhadap pekerja di lingkungan kerja dengan cara :

1. Wawancara dengan kuesioner, pemeriksaan fisik, pengukuran berat/tinggi badan, pemeriksaan faal paru.
2. Pemeriksaan terhadap lingkungan kerja meliputi pemeriksaan dan analisis Kadar Debu Kayu di bagian sanding mesin WWA dan bagian sanding manual FC.

B. Analisis Univariat

1. Karakteristik responden

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh data-data sebagai berikut ;

Rata-rata umur responden adalah 28,31 tahun , standar deviasi 4,65 dengan umur termuda 21 tahun dan tertua 40 tahun. Pendidikan terbanyak berpendidikan SLTP sebesar 40%. Pendidikan yang cukup ini belum dapat menjadi faktor bagi pekerja untuk secara sadar melakukan kebiasaan baik seperti yang tertera dalam peraturan yang ada di tempat kerja, seperti menggunakan APD pada saat bekerja. Pekerja yang menggunakan APD pada saat bekerja sebesar 30% dan yang tidak menggunakan APD 70%.

Pekerja yang mempunyai fungsi paru normal sebesar 78,6% dan yang mengalami gangguan 21,4%. Masa Kerja responden menunjukkan rata-rata Masa Kerja adalah 5,92 tahun, standar deviasi 2,99 dengan Masa Kerja minimum 2,6 tahun dan maksimum 14,3 tahun. Lama Paparan responden menunjukkan rata-rata

Lama Paparan adalah 8,55 jam, standar deviasi 0,15 dengan Lama Paparan minimum 8,5 jam dan maksimum 9 jam.

Hasil pengukuran Status Gizi responden dari pengukuran berat badan dan tinggi badan menunjukkan rata-rata Status Gizi pekerja 20,49 sedang nilai terendah 17,0 dan tertinggi 27,1 dengan standar deviasi 2,37.

Pekerja yang mempunyai Kebiasaan Merokok adalah 40 orang (57,1%) sedang yang tidak mempunyai Kebiasaan Merokok sebanyak 30 orang (42,9%). Jika di lihat dari jumlah batang rokok yang dihisap dalam sehari ternyata proporsi yang terbanyak adalah 1-5 batang (35,7%) kemudian 6-10 batang (20%) dan lebih dari 10 batang (1,4%).

Untuk lebih jelas nilai rata-rata hitung karakteristik dan keragaman responden dapat di lihat pada tabel 4.1 berikut ini :

Tabel 4.1 : Nilai Rata-rata Hitung Karakteristik dan Keragaman Karakteristik Responden pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo 2005.

No	Variabel Penelitian	Rata-rata	SD	Min	Mak
1	Umur (tahun)	28,31	4,65	21,0	40,00
2	Masa Kerja (tahun)	5,92	2,99	2,60	14,30
3	Status Gizi (TB/BB ²)	20,49	2,37	17,0	27,10
4	Lama Paparan	8,55	0,15	8,5	9,00

Tabel 4.2 : Distribusi karakteristik responden pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo 2005.

No	Varlabel	Frekuensi	%
1.	Umur		
	20 - 24 tahun	13	18,6
	25 - 29 tahun	38	54,3
	30 - 34 tahun	0	0
	35 - 40 tahun	19	27,1
2.	Pendidikan		
	SD	15	21,4
	SLTP	28	40,0
	SLTA	27	38,6
3.	Fungsi Paru		
	Gangguan	15	21,4
	Normal	55	78,6
4.	Masa Kerja		
	≥ 5 tahun	38	54,3
	< 5 tahun	32	45,7
5.	Lama Paparan		
	≥ 9 jam	7	10,0
	< 9 jam	63	90,0
6.	Penggunaan APD		
	Tidak pakai	49	70,0
	Pakai	21	30,0
7.	Status Gizi		
	Kurang baik	12	17,1
	Baik	58	82,9
8.	Kebiasaan Merokok		
	Merokok :		
	1-5 batang/hari	25	35,7
	6-10 batang/hari	14	20,0
	>10 batang/hari	1	1,4
	Tidak merokok	30	42,9

C. Kadar Debu Kayu di lokasi kerja

Pengukuran Kadar Debu Kayu di PT. SSSWI-Wonosobo di lakukan pada bagian produksi yaitu bagian sanding mesin WWA dan bagian sanding manual FC.

Hasil pengukuran Kadar Debu kayu tersebut sebagai berikut :

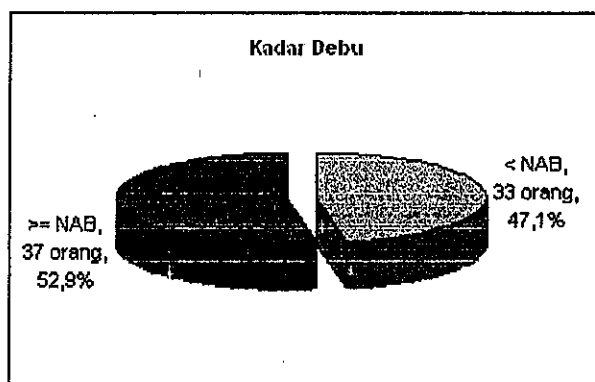
Kadar Debu Kayu di bagian WWA = $6,1452 \text{ mg/m}^3$ ($>\text{NAB}$)

Kadar Debu Kayu di bagian FC = $4,0101 \text{ mg/m}^3$ ($<\text{NAB}$)

Hal tersebut menunjukkan 52,9% (37orang) responden bekerja di bagian WWA yang mempunyai Kadar Debu Kayu melebihi NAB ($>5 \text{ mg/m}^3$) dan 47,1% (33orang) responden bekerja dibagian FC dengan Kadar Debu Kayu dibawah NAB ($<5 \text{ mg/m}^3$)

Kadar Debu

$\geq \text{NAB}$	37	Orang
$< \text{NAB}$	33	Orang



Gambar 4.1 Distribusi data menurut faktor risiko Kadar Debu Kayu, pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo 2005.

D. Kapasitas fungsi paru responden

Secara teoritis gangguan fungsi paru di kelompokkan menjadi 4 (empat) kelompok yaitu : Obstruktif, Restriktif, Combined dan Normal. Hasil pengukuran terhadap 70 responden di peroleh data sebagai berikut :

Tabel 4.3 : Diskripsi frekuensi pemeriksaan kapasitas fungsi paru responden pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry - Wonosobo 2005.

No	Hasil pemeriksaan	Jumlah
1	Obstruktif	3
2	Restriktif	12
3	Combined	0
4	Normal	55

Dari hasil penelitian di peroleh data responden yang memiliki gangguan Obstruktif 3 orang, Restriktif 12 orang, Normal 55 orang.

Rata-rata kapasitas fungsi paru pekerja PT SSSWI-Wonosobo menunjukkan 92,04% FEV_1/FVC dengan standar deviasi 6,68 sedang nilai terendahnya 66% FEV_1/FVC dan nilai tertinggi 100% FEV_1/FVC .

Untuk lebih jelas rangkuman nilai rata-rata hitung dan keragaman dari variabel bebas dan terikat hasil analisis univariat dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.4 : Nilai Rata-rata Hitung dan Keragaman dari Variabel Bebas dan Terikat.

No	Variabel Penelitian	Rata-rata	SD	Min	Mak
1	Kadar Debu Kayu	5,14	1,07	4,01	6,15
2	Umur (tahun)	28,31	4,65	21,00	40,00
3	Masa Kerja	5,92	2,99	2,60	14,30
4	Status Gizi	20,49	2,37	17,00	27,10
5	Kapasitas fungsi paru	92,04	6,68	66,00	100,00
6	Lama Paparan	8,55	0,15	8,50	9,00

E. Analisis Bivariat

Analisis yang di lakukan menggunakan tabulasi silang yang bertujuan untuk melihat hubungan variabel bebas dengan variabel terikat, berdasarkan distribusi sel-sel yang ada. Pada tahap selanjutnya dilihat apakah ada hubungan antara faktor risiko dengan gangguan fungsi paru. Untuk uji statistik yang di gunakan adalah Chi Square Test.

1. Faktor risiko Kadar Debu Kayu terhadap gangguan fungsi paru.

Untuk mengetahui hubungan faktor risiko Kadar Debu Kayu terhadap gangguan fungsi paru, dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5 : Hubungan Kadar Debu Kayu dengan Fungsi Paru pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry-Wonosobo 2005.

No	Kadar Debu	Fungsi Paru						RP	95 % C I	
		Gangguan		Normal		Jumlah				
		n	%	n	%	n	%		lower	Upper
1	≥ NAB	9	24.3	28	75.7	37	100.0	1.338	0,533	3,356
2	< NAB	6	18.2	27	81.8	33	100.0			
	Jumlah	15	21.4	55	78.6	70	100.0			

$$X^2 = 0,111 ; p \text{ value} = 0,739$$

Hasil analisis hubungan antara Kadar Debu Kayu dengan fungsi paru menunjukkan responden yang terpapar debu kayu di atas NAB mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 24,3% dan 75,7% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Tenaga kerja yang terpapar debu kayu di bawah NAB yang mengalami gangguan fungsi paru 18,2% dan 81,8% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Kadar Debu Kayu dengan gangguan fungsi paru ($x^2 = 0,111 ; p = 0,739$) Hasil analisis juga menunjukkan Kadar Debu Kayu bukan merupakan

faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru ($RP = 1,338$; $95\% CI = 0,533 - 3,358$)

2. Faktor risiko Masa Kerja terhadap gangguan fungsi paru

Analisis faktor risiko Masa Kerja terhadap kejadian gangguan fungsi paru, Masa Kerja dikategorikan menjadi Masa Kerja ≥ 5 tahun dan Masa Kerja < 5 tahun .

Untuk mengetahui hubungan faktor risiko Masa Kerja terhadap gangguan fungsi paru, dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.6: Hubungan Masa Kerja dengan Fungsi Paru pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo 2005.

No	Masa Kerja	Fungsi Paru						RP	95 % C I	
		Gangguan		Normal		Jumlah			lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	≥ 5 tahun	13	34.2	25	65.8	38	100.0	5.474	1,333	22,476
2	< 5 tahun	2	6.3	30	93.8	32	100.0			
	Jumlah	15	21.4	55	78.6	70	100.0			

$X^2 = 6,491$; $p \text{ value} = 0,011$

Hasil penelitian menunjukkan responden dengan Masa Kerja ≥ 5 tahun mengalami gangguan fungsi paru sebanyak 34,2% dan 65,8% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Tenaga kerja yang Masa Kerja < 5 tahun mengalami gangguan fungsi paru 6,3% dan 93,8% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan ada hubungan yang bermakna Masa Kerja dengan gangguan fungsi paru ($x^2 = 6,491$; $p = 0,011$) Hasil analisis juga menunjukkan Masa Kerja merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru ($RP = 5,474$; $95\% CI = 1,333 - 22,476$)

3. Faktor risiko Lama Paparan terhadap gangguan fungsi paru

Analisis faktor risiko Lama Paparan terhadap gangguan fungsi paru, Lama Paparan dikategorikan menjadi Lama Paparan ≥ 9 jam dan < 9 jam.

Untuk mengetahui hubungan faktor risiko Lama Paparan terhadap gangguan fungsi paru, dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 : Hubungan Lama Paparan dengan Fungsi Paru pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo 2005.

No	Lama Paparan	Fungsi Paru						RP	95 % C I	
		Gangguan		Normal		Jumlah			lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	≥ 9 jam	2	28.6	5	71.4	7	100.0	1.385	0,390	4,918
2	< 9 jam	13	20.6	50	79.4	63	100.0			
	Jumlah	15	21.4	55	78.6	70	100.0			

$$X^2 = 0,000 ; p \text{ value} = 1,000$$

Hasil penelitian menunjukkan responden dengan Lama Paparan ≥ 9 jam mengalami gangguan fungsi paru 28,6% dan 71,4% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Tenaga kerja yang Lama Paparan < 9 jam mengalami gangguan fungsi paru 20,6% dan 79,4% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Lama Paparan dengan gangguan fungsi paru ($x^2 = 0,000 ; p = 1,000$) Hasil analisis juga menunjukkan Lama Paparan bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru (RP = 1,385 ; 95% CI = 0,390– 4,918)

4. Faktor risiko Penggunaan APD terhadap gangguan fungsi paru

Alat pelindung yang digunakan oleh pekerja yang diukur dalam penelitian ini adalah penggunaan masker. Adapun data penggunaan masker oleh pekerja adalah tidak pakai 49 orang (70,0%) dan pakai 21 orang (30,0%)

Untuk mengetahui hubungan faktor risiko Penggunaan APD terhadap gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.8 : Hubungan Penggunaan APD dengan Fungsi Paru pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo 2005.

No	Penggunaan APD	Fungsi Paru						RP	95 % C I	
		Gangguan		Normal		Jumlah			lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	Tidak pakai	11	22.4	38	77.6	49	100.0	1.179	0,423	3,281
2	Pakai	4	19.0	17	81.0	21	100.0			
	Jumlah	15	21.4	55	78.6	70	100.0			

$X^2 = 0,000$; p value = 1,000

Hasil penelitian menunjukkan responden yang tidak menggunakan APD mengalami gangguan fungsi paru 22,4% dan 77,6% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Responden yang menggunakan APD mengalami gangguan fungsi paru 19,0% dan 81,0% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru ($x^2 = 0,000$; $p = 1,000$) Hasil analisis juga menunjukkan Penggunaan APD bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru (RP = 1,179 ; 95% CI = 0,423– 3,281)

5. Faktor risiko Status Gizi terhadap gangguan fungsi paru

Analisis faktor risiko Status Gizi terhadap kejadian gangguan fungsi paru, Status Gizi dikategorikan menjadi Status Gizi Kurang baik dan Baik :

Untuk mengetahui hubungan faktor risiko Status Gizi terhadap gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut

Tabel 4.9 : Hubungan Status Gizi dengan Fungsi Paru pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo 2005.

No	Status Gizi	Fungsi Paru						RP	95 % C I	
		Gangguan		Normal		Jumlah			lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	Kurang baik	3	25,0	9	75,0	12	100,0	1,208	0,401	3,637
2	Baik	12	20,7	46	79,3	58	100,0			
	Jumlah	15	21,4	55	78,6	70	100,0			

$\chi^2 = 0,000$; p value = 1,000

Hasil penelitian menunjukkan responden yang Status Gizinya Kurang baik mengalami gangguan fungsi paru 25,0% dan 75,0% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Responden yang mempunyai Status Gizi Baik yang mengalami gangguan fungsi paru 20,7% dan 79,3% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Status Gizi dengan gangguan fungsi paru ($\chi^2 = 0,000$; p = 1,000) Hasil analisis juga menunjukkan Status Gizi bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru (RP = 1,208 ; 95% CI = 0,401– 3,637)

6. Faktor risiko Kebiasaan Merokok terhadap gangguan fungsi paru

Analisis faktor risiko Kebiasaan Merokok terhadap kejadian fungsi paru, Kebiasaan Merokok dikategorikan merokok dan tidak merokok :

Untuk mengetahui hubungan faktor risiko Kebiasaan Merokok terhadap gangguan fungsi paru dilakukan tabulasi silang dan uji statistik dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.10 : Hubungan Kebiasaan Merokok dengan Fungsi Paru pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry – Wonosobo 2005.

No	Kebiasaan Merokok	Fungsi Paru						RP	95 % C I	
		Gangguan		Normal		Jumlah			lower	Upper
		n	%	n	%	n	%			
1	Merokok	13	32.5	27	67.5	40	100.0	4.875	1,188	19,996
2	Tidak merokok	2	6.7	28	93.3	30	100.0			
	Jumlah	15	21.4	55	78.6	70	100.0			

$$X^2 = 5,347 ; p \text{ value} = 0,021$$

Hasil penelitian menunjukkan responden yang mengalami gangguan fungsi paru 32,5% dan 67,5% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Responden yang tidak merokok yang mengalami gangguan fungsi paru 6,7% dan 93,3% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara Kebiasaan Merokok dengan gangguan fungsi paru ($x^2 = 5,347 ; p = 0,021$) Hasil analisis juga menunjukkan Kebiasaan Merokok merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru (RP = 4,875 ; 95% CI = 1,188– 19,996)

Untuk menganalisis perbedaan fungsi paru pada pekerja di bagian Furniture Component dan Wood Working Area PT. SSSWI di lakukan uji independent t test pada $\alpha = 0,05$.

Tabel 4.11a Uji independent t test.

Bagian		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Fungsi paru	Sanding mesin (WWA)	37	92.05	6.51	1.07
	Sanding tangan (FC)	33	92.03	6.97	1.21

Tabel 4.11b Uji independent t test

		Fungsi paru
		FEV ₁ /FVC
Levene's Test for	F	0.023
Equality of Variances	Sig.	0.879
t-test for Equality of	t	0.015
Means	df	68
	Sig. (2-tailed)	0.988

F. Analisis Multivariat

Analisis untuk mengetahui faktor risiko yang paling berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru.

Analisis bivariat menunjukkan bahwa tidak semua faktor risiko berpengaruh secara bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru, beberapa faktor risiko yang berpengaruh secara bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru adalah sebagai berikut :

Tabel 4.12 : Hasil resume Analisis Bivariat faktor risiko terhadap gangguan fungsi paru.

Faktor Risiko	X ²	p value	RP	95% CI
a) Kadar Debu	0,111	0,739	1,338	0,533 – 3,358
b) Masa Kerja	6,491	0,011 *	5,474	1,333 – 22,476
c) Lama Paparan	0,000	1,000	1,385	0,390 – 4,918
d) Penggunaan APD	0,000	1,000	1,179	0,423 – 3,281
e) Status Gizi	0,000	1,000	1,208	0,401 – 3,637
f) Kebiasaan Merokok	5,347	0,021 *	4,875	1,188 – 19,996

* p value < 0,05

Tabel tersebut diatas menunjukkan dari 6 faktor risiko yang diteliti hasil analisis secara bivariat menunjukkan hanya 2 faktor risiko saja yang bermakna terhadap gangguan fungsi paru. Sedangkan besarnya tingkat kemaknaan secara berurut adalah Masa Kerja (6,491), Kebiasaan Merokok (5,347).

Tabel 4.13 : Tabel faktor risiko yang berpengaruh secara bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru.

No	Faktor Risiko	Koefisien Chi Square	p value	Rasio Prevalens
1	Masa Kerja	6,491	0,011	5,474
2	Kebiasaan Merokok	5,347	0,021	4,875

Untuk mengetahui besarnya pengaruh dua faktor risiko secara bersama-sama terhadap kejadian gangguan fungsi paru perlu dilakukan Analisis Multivariat. Adapun analisis hasil multivariat dengan menggunakan regresi logistik seperti tabel berikut :

Tabel 4.14 : Hasil Analisis Multivariat faktor risiko yang berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo 2005.

No	Faktor Risiko	B	df	p value	Odd Ratio	95 % CI	
						Lower	Upper
1	Masa Kerja	2,487	1	0,004	12,027	2,262	63,961
2	Kebiasaan Merokok	2,370	1	0,006	10,699	1,999	57,278
	Constant	- 5,081	1	0,000	0,010		

Berdasarkan hasil Analisis Multivariat faktor risiko yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja PT. SSSWI – Wonosobo adalah :

1. Masa Kerja (OR = 12,027 ; p value 0,004)
2. Kebiasaan Merokok (OR = 10,699 ; p value 0,006)

Besarnya gangguan fungsi paru yang terjadi pada pekerja akibat faktor risiko tersebut dalam persamaan Regresi Logistik dengan rumus sebagai berikut :

Kode: pekerja PT. SSSWI – Wonosobo dengan Masa Kerja ≥ 5 tahun = 1,
 < 5 tahun = 0.

Kebiasaan merokok = 1, tidak merokok = 0.

1. Pekerja PT. SSSWI – Wonosobo yang mempunyai masa kerja > 5 tahun dan merokok.

$$p = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-5,081 + 2,487 \times 1 + 2,370 \times 1)}}$$

$$p = 0,4442$$

2. Pekerja PT. SSSWI – Wonosobo yang mempunyai masa kerja > 5 tahun dan tidak merokok.

$$p = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-5,081 + 2,487 \times 1 + 2,370 \times 0)}}$$

$$p = 0,0695$$

3. Pekerja PT. SSSWI – Wonosobo yang mempunyai masa kerja < 5 tahun dan merokok.

$$p = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-5,081 + 2,487 \times 0 + 2,370 \times 1)}}$$

$$p = 0,0623$$

Keterangan :

p : Probabilitas

e : Bilangan natural = 2,718.

a : Nilai Konstan = -5,081

b₁ : Nilai variabel = 2,487

b₂ : Nilai variabel = 2,370

x₁ : Faktor risiko Masa Kerja pekerja > 5 tahun = 1 ; < 5 tahun = 0

x₂ : Faktor risiko Kebiasaan Merokok = 1 ; tidak merokok = 0.

BAB V

PEMBAHASAN.

Salah satu dampak negatif dari industri pengolahan kayu adalah timbulnya pencemaran udara oleh debu kayu yang timbul baik dalam proses pengolahannya atau hasil dari industri itu sendiri. Debu kayu ini akan mencemari baik daerah industri maupun lingkungannya sehingga pekerja dan masyarakat di sekitar industri akan terpapar oleh debu kayu baik karena bahan baku, bahan antara, ataupun produk akhir.

Hasil penelitian menunjukkan dari 37 responden yang terpapar debu kayu diatas NAB terdapat 24,3% mengalami gangguan fungsi paru dan 75,7% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Dari uji statistik di peroleh rata-rata Kapasitas fungsi paru pekerja PT.SSSWI – Wonosobo 92,04% FEV_1/FVC , sedangkan pekerja yang Kapasitas fungsi parunya terganggu adalah 21,4% dan yang normal 78,6%. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Kadar Debu kayu dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,739$) dan $RP = 1,338$; 95% $CI = 0,533 - 3,538$ menunjukkan Kadar Debu Kayu bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja. Dari analisis dapat diketahui bahwa tenaga kerja yang terpapar debu kayu diruangan dimana Kadar Debu Kayu diatas NAB mempunyai risiko akan mengalami gangguan fungsi paru sebesar 1,34 kali di bandingkan di ruangan dimana Kadar Debu Kayunya dibawah NAB.

Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata Kapasitas fungsi paru responden normal, ini di mungkinkan karena responden memiliki umur muda di mana Kapasitas fungsi paru belum terjadi penurunan, Masa Kerja dalam waktu kurang dari 20 tahun, Status Gizi yang baik, tetapi mempunyai Kebiasaan Merokok. Selain dari pada bentuk anatomis seseorang, faktor utama yang mempengaruhi Kapasitas paru adalah: posisi orang tersebut selama pengukuran, kekuatan otot pernapasan dan distensibilitas paru dan sangkar dada. Udara dalam keadaan tercemar, partikel polutan ikut terinhalasi dan sebagian akan masuk kedalam paru selanjutnya sebagian partikel akan mengendap di alveoli. Adanya pengendapan partikel dalam alveoli, ada kemungkina fungsi paru akan mengalami penurunan. Menurut Thomas (1985) ⁽²⁰⁾ terdapatnya debu di alveolus akan menyebabkan terjadinya statis partikel debu dan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan dinding alveolus, selanjutnya merupakan salah satu faktor predisposisi PPOM.(Penyakit Paru Obstruktif Menahun).

Debu kayu yang masuk kesaluran pernapasan dapat menimbulkan reaksi mekanisme pertahanan yang tidak spesifik yaitu berupa batuk dan bersin-bersin. Ini merupakan mekanisme pertahanan tubuh untuk mengeluarkan benda asing tersebut. Selain itu otot polos di sekitar jalan pernapasan terangsang dan akan mengalami penyempitan sehingga timbul gejala sesak napas. Keadaan ini terjadi biasanya bila Kadar Debu melebihi NBA⁽⁴⁾.

Suma'mur (1983) juga mengungkapkan bahwa gangguan umum yang sering muncul akibat paparan debu kayu adalah batuk-batuk, sesak napas, kelelahan dan penurunan berat badan.

Hasil penelitian Asep Irfan (2003) di mana hasil penelitian tersebut diatas menunjukkan bahwa Kadar Debu Kayu yang melebihi NAB berhubungan dan berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja. Hasil penelitian Asep Irfan pada 57 pekerja pabrik mebel Kab. Sleman Yogyakarta menunjukkan kemaknaan dengan $p \text{ value} = 0,004$.

Faktor yang berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan saluran pernapasan akibat debu kayu adalah: faktor debu dan faktor individual ⁽⁴⁾serta faktor penyerta potensial seperti umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, faktor allergen ⁽⁵⁾.

Dari 38 responden yang mempunyai Masa Kerja ≥ 5 tahun 34,2% mengalami gangguan fungsi paru dan 65,8% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan adanya hubungan yang bermakna Masa Kerja dengan gangguan fungsi paru ($p = 0,011$) dan $RP = 5,474$; 95% $CI = 1,333 - 22,475$ menunjukkan Masa Kerja merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja, yang berarti pekerja dengan Masa Kerja > 5 tahun potensial mendapat gangguan fungsi paru 5,4 kali lebih besar dibandingkan pekerja dengan Masa Kerja < 5 tahun.

Riwayat pekerjaan penting dalam memperkirakan lingkungan atau pekerjaan sebagai faktor yang menimbulkan paparan pada pekerja ⁽⁴²⁾. Pada penelitian ini responden dengan Masa Kerja < 5 tahun telah mengalami gangguan fungsi paru berupa restriktif ringan, dan obstruktif ringan. Pada pekerja yang berada di lingkungan yang kadar debunya tinggi dalam waktu yang lama, memiliki risiko tinggi terkena obstruksi ⁽¹⁾. Sedangkan Hendrawati dkk (1998)

Masa Kerja yang mempunyai kecenderungan sebagai faktor risiko terjadinya obstruksi pada pekerja di industri yang berdebu lebih dari 10 tahun. Masa Kerja menentukan Lama Paparan seseorang terhadap faktor risiko, semakin lama Masa Kerja semakin besar kemungkinan seseorang mendapatkan faktor risiko tersebut. Suma' mur (1998) menyatakan bahwa salah satu variabel potensial yang dapat menimbulkan gangguan fungsi paru adalah lamanya seseorang terpapar polutan tersebut. Hal ini berarti semakin lama Masa Kerja seseorang, semakin lama pula waktu paparan terhadap polutan tersebut.

Dari 7 responden yang mempunyai Lama Paparan ≥ 9 jam 28,6% mengalami gangguan fungsi paru dan 71,4% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Lama Paparan dengan kejadian gangguan fungsi paru. ($p = 1,000$) dan $RP = 1,385$; $95\% \text{ CI} = 0,390 - 4,918$ menunjukkan Lama Paparan bukan merupakan faktor risiko terjadinya gangguan fungsi paru pada pekerja.

Lama Paparan berkaitan dengan jumlah jam kerja yang dihabiskan pekerja di area kerja. Semakin lama pekerja menghabiskan waktu untuk bekerja di area kerjanya, maka akan semakin lama pula paparan debu kayu di terimanya, sehingga kemungkinan untuk terjadi gangguan fungsi paru juga akan lebih besar, tetapi hal tersebut juga tergantung dari konsentrasi debu kayu yang ada di area kerja dan mekanisme *clearance* dari masing-masing individu, sifat alamiah kimia dari debu, ukuran debu, distribusi dari partikel yang terinhalasi, kadar partikel debu, kerentanan individu dan pembersihan partikel debu ⁽⁴³⁾.

Dari 51 responden yang menggunakan APD 19,0% mengalami gangguan fungsi paru dan 81,0% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Penggunaan APD dengan kejadian gangguan fungsi paru. ($p = 1,000$) dan $RP = 1,179$; 95% CI = 0,423 – 3,281 menunjukkan Penggunaan APD bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru.

Kebiasaan menggunakan APD telah dilakukan oleh sebagian besar responden sebesar 30% dan mengalami gangguan fungsi paru 19,0% hal ini disebabkan karena menggunakan alat proteksi yang tepat yaitu berupa masker. Pemakaian masker oleh pekerja di industri yang udaranya banyak mengandung debu, dimaksudkan sebagai upaya mengurangi masuknya partikel debu ke dalam saluran pernapasan. Dengan mengenakan masker, diharapkan pekerja terlindungi dari kemungkinan terjadinya gangguan pernapasan akibat terpapar udara yang kadar debunya tinggi. Walaupun demikian, tidak ada jaminan bahwa dengan mengenakan masker, seorang pekerja di industri akan terhindar dari kemungkinan terjadinya gangguan pernapasan. banyak faktor yang menentukan tingkat perlindungan dari penggunaan masker antara lain adalah jenis dan karakteristik debu, serta kemampuan menyaring dari masker yang dikenakan. Kebiasaan memakai masker yang baik merupakan cara yang aman bagi pekerja yang berada di lingkungan kerja yang berdebu untuk melindungi kesehatannya ⁽¹⁸⁾. Disamping ini secara teori menyebutkan bahwa setiap individu mempunyai mekanisme pertahanan saluran napas yang berupa refleks menelan atau refleks muntah yang mencegah masuknya makanan atau cairan ke dalam trakea, juga kerja *eskalator*

mukosiliaris yang menjebak debu dan bakteri kemudian memindahkannya ke kerongkongan. Refleks batuk merupakan mekanisme lain yang lebih kuat untuk mendorong sekresi ke atas sehingga dapat ditelan atau dikeluarkan. Makrofag alveolar merupakan pertahanan yang paling akhir dan paling penting terhadap inhalasi ke paru-paru. Partikel debu kemudian diangkut oleh makrofag ke pembuluh limfe atau bronkiolus di mana partikel tersebut akan di buang oleh *eskalator mukosiliaris* ⁽¹⁾.

Dari 12 responden yang Status Gizi Kurang baik 25,0% mengalami gangguan fungsi paru dan 75,0% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan tidak ada hubungan Status Gizi dengan kejadian gangguan fungsi paru. ($p = 1,000$) dan $RP = 1,208$; 95% $CI = 0,401 - 3,637$ menunjukkan Status Gizi bukan merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru. Status Gizi merupakan keadaan tubuh sebagai akibat konsumsi makan dan zat gizi. Salah satu akibat kekurangan gizi dapat menurunkan sistem imunitas dan antibodi sehingga mudah orang terserang infeksi seperti: pilek, batuk, diare dan juga berkurangnya kemampuan tubuh untuk melakukan detoksifikasi terhadap benda asing seperti debu kayu yang masuk ke dalam tubuh Status Gizi tenaga kerja erat kaitannya dengan tingkat kesehatan tenaga kerja maupun produktifitas tenaga kerja. Dalam hal ini gizi kerja yang baik akan meningkatkan derajat kesehatan kerja dan akan mempengaruhi produktifitas tenaga kerja yang berarti peningkatan produktifitas perusahaan dan produktifitas nasional.

Dari 40 responden yang mempunyai Kebiasaan Merokok 32,4% mengalami gangguan fungsi paru dan 67,5% tidak mengalami gangguan fungsi paru. Uji statistik dengan Chi Square Test menunjukkan ada hubungan yang bermakna Kebiasaan Merokok dengan gangguan fungsi paru. ($p = 0,021$) dan $RP = 4,875$; 95% $CI = 1,188 - 19,996$ menunjukkan Kebiasaan Merokok merupakan faktor risiko untuk terjadinya gangguan fungsi paru.

Bagian FC yang mengalami gangguan fungsi paru restriktif ringan 5 orang, dan obstruktif ringan 1 orang. Bagian WWA yang mengalami gangguan fungsi paru restriktif ringan 7 orang dan obstruktif ringan 2 orang. Responden terbanyak mengisap rokok 1-5 batang/hari (35,7%). Hasil analisis penelitian ini nilai $RP = 4,875$ menunjukkan Kebiasaan Merokok dapat memperberat kejadian gangguan fungsi paru hingga 5 kali lebih besar dibandingkan dengan pekerja yang tidak merokok. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Dhaise dkk, (1997)⁽²⁹⁾ mengemukakan hal sama yaitu : tenaga kerja yang perokok dan berada di lingkungan yang berdebu maka cenderung mengalami gangguan saluran pernapasan dibanding dengan tenaga kerja yang berada pada lingkungan yang sama tetapi tidak perokok. Bohadana dkk, (2000)⁽³⁰⁾ melaporkan juga bahwa tenaga kerja di bagian pengolah kayu yang mempunyai Kebiasaan Merokok cenderung terjadi penurunan fungsi paru dibandingkan tenaga kerja di bagian kantor. Lestari, (2000)⁽⁷⁾ melaporkan bahwa pekerja di perusahaan plywood yang mempunyai Kebiasaan Merokok mempunyai peluang akan mengalami gangguan faal paru. Hessel dkk, (1995)⁽³¹⁾ mengemukakan hal yang sama bahwa terdapat

hubungan yang signifikan antara tenaga kerja pengolahan kayu di bagian sawmill yang mempunyai kebiasaan merokok dengan penurunan faal paru.

Menurut Epler, GR(2000) Kebiasaan Merokok merupakan faktor penyerta potensial terjadinya gangguan fungsi paru. Kebiasaan Merokok bukan hanya akan mengurangi tingkat pertukaran oksigen dalam darah, tetapi juga akan menjadi faktor potensial dari beberapa penyakit paru, termasuk karsinoma paru. Oleh karena itu Kebiasaan Merokok dapat memperberat kejadian gangguan fungsi paru. Pendapat Epler tersebut didukung oleh Anderson P.S, Mc.Carty W.L(1995) ⁽¹⁾ bahwa merokok merupakan suatu hal yang mengganggu mekanisme pertahanan saluran pernapasan, sehingga akan memudahkan seseorang mendapat gangguan fungsi paru terutama pada makrofag alveolar.

Pada pekerja yang merokok berbagai faktor juga berperan dalam terjadinya gangguan fungsi paru adalah jenis rokok, lama merokok, jumlah rokok yang dihisap. Hal ini dapat di buktikan bahwa pada pekerja yang perokok risiko terjadinya gangguan fungsi paru sangat besar ($RP = 4,875$).

Untuk menganalisis perbedaan fungsi paru pada pekerja di bagian Furniture Component dan Wood Working Area di lakukan uji independen t test di mana pada penelitian di dapat hasil $t = 0,015$; $p \text{ value} = 0.988$, sehingga dapat di simpulkan bahwa pada $\alpha = 0,05$ tidak ada perbedaan yang signifikan fungsi paru pekerja bagian sanding mesin (WWA) dengan pekerja bagian sanding tangan (FC).

Analisis Multivariat untuk mengetahui faktor risiko yang paling berpengaruh terhadap gangguan fungsi paru. Berdasarkan hasil Analisis

Multivariat faktor risiko yang paling berpengaruh terhadap kejadian gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI – Wonosobo adalah Masa Kerja (OR = 12,027 ; p value = 0,004) Kebiasaan Merokok (OR = 10,699 ; p value = 0,006).

Besarnya gangguan fungsi paru yang terjadi pada pekerja akibat faktor risiko tersebut dalam persamaan Regresi Logistik di dapatkan hasil sebagai berikut :

1. Pekerja dengan Masa Kerja >5 tahun dan merokok peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 44,42%. (p = 0,4442)
2. Pekerja dengan Masa Kerja >5 tahun dan tidak merokok peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 6,95%. (p = 0,0695)
3. Pekerja dengan Masa Kerja <5 tahun dan merokok peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 6,23%. (p = 0,0623)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada pekerja industri pengolahan kayu dengan judul “ Analisis faktor risiko paparan debu kayu terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI – Wonosobo “ dapat disimpulkan sebagai berikut :

A. Kesimpulan

1. Kadar Debu Kayu dibagian WWA = $6,1452 \text{ mg/m}^3$. ($> \text{NAB}$)

Kadar Debu Kayu dibagian FC = $4,0101 \text{ mg/m}^3$. ($< \text{NAB}$)

Hal tersebut menunjukkan 52,9% (37 orang) responden bekerja di bagian WWA yang mempunyai Kadar Debu Kayu melebihi NAB ($> 5 \text{ mg/m}^3$) dan 47,1 % (33 orang) responden bekerja di bagian FC dengan Kadar Debu Kayu di bawah NAB($< 5 \text{ mg/m}^3$).

2. Rata-rata kapasitas fungsi paru pekerja PT. SSSWI – Wonosobo menunjukkan 92,04% FEV_1/FVC dengan standar deviasi 6,68 sedang nilai terendahnya 66,0% FEV_1/FVC dan nilai tertinggi 100 % FEV_1/FVC .

Hasil uji independen t test menghasilkan nilai $p = 0,988$ sehingga dapat disimpulkan pada $\alpha = 0,05$ tidak ada perbedaan yang signifikan fungsi paru responden bagian sanding mesin (WWA) dengan responden bagian sanding tangan (FC).

3. Tidak ada hubungan antara Kadar Debu, Lama Paparan, Status Gizi, Penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru.

4. Ada hubungan yang bermakna antara Masa Kerja dan Kebiasaan Merokok dengan gangguan fungsi paru.

Masa Kerja (RP = 5,474 ; p value = 0,011 ; 95% CI 1,333 – 22,476)

Kebiasaan Merokok (RP = 4,875 ; p value = 0,021 ; 95% CI 1,188 – 19,996)

B. SARAN

Upaya untuk mengurangi gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT. SSSWI - Wonosobo dengan adanya pengawasan dan pengendalian secara berkala dan dilakukan secara terintegrasi dari pihak pengelola industri pengolahan kayu, Hiperkes dan Dinas Kesehatan Kabupaten Wonosobo yaitu ;

1. Memantau dan mengendalikan Kadar Debu Kayu di ruang kerja, serta melakukan upaya untuk mengurangi Kadar Debu Kayu dengan menambah jumlah alat pengisap debu.
2. Pada karyawan yang sudah bekerja, pemeriksaan rutin setiap tahun harus mengikut sertakan pemeriksaan fungsi paru. Kelainan "Small Airway" hendaknya menjadi perhatian khusus karena dapat berlanjut ke kelainan fungsi paru pada yang lebih berat.
3. Mewajibkan dan mengawasi penggunaan masker secara ketat dan kontinyu pada pekerja, agar dapat mengurangi angka kejadian gangguan fungsi paru.
Peningkatan cara pemakaian alat pelindung diri yang baik dan tepat melalui penyuluhan.
4. Memberikan penyuluhan yang bertujuan untuk lebih meningkatkan kesadaran para pekerja tentang faktor-faktor yang dapat menimbulkan gangguan fungsi

paru dan faktor pendukung lainnya seperti : Kebiasaan Merokok, Penggunaan APD dan lain-lain.

5. Pekerja yang sudah mengalami gangguan fungsi paru, kiranya dapat melakukan upaya agar gangguan fungsi paru tidak menjadi lebih berat, dengan jalan pengobatan rutin dan replacement ke ruang yang Kadar Debu Kayunya di bawah NAB.
6. Dibuat peraturan tidak boleh merokok pada saat bekerja atau di lingkungan industri pengolahan kayu PT. SSSWI – Wonosobo.

BAB VII

RINGKASAN

Udara merupakan komponen lingkungan yang sangat diperlukan bagi kelangsungan hidup manusia. Energi yang diperlukan manusia untuk melaksanakan semua aktifitas, diperoleh dari pembakaran zat makanan dengan menggunakan oksigen. Oksigen tersebut diperoleh dari udara ambien melalui pernapasan, dengan demikian pengambilan udara oleh tubuh dilakukan secara terus menerus. Setiap hari, jumlah udara yang keluar masuk saluran pernapasan sekitar 10 m^3 per orang. Hal ini berarti, organ pernapasan terpapar secara terus-menerus oleh partikel-partikel yang terdapat dalam udara, termasuk partikel berbahaya yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan. Kualitas udara sangat berpengaruh terhadap kesehatan seseorang, terutama terhadap alat pernapasan ⁽¹⁾.

Industri pengolahan kayu merupakan salah satu industri yang pertumbuhannya sangat pesat, hal ini berkaitan dengan konsumsi hasil hutan yang mencapai 33 juta m^3 per tahun.. Konsumsi hasil hutan yang sedemikian besar itu antara lain diserap oleh industri plywood, sawmill, furniture, partikel board dan pulp kertas. Industri-industri tersebut berpotensi untuk menimbulkan kontaminasi di udara tempat kerja berupa debu kayu. Karena sekitar 10 sampai 13 % dari kayu yang di gergaji akan berbentuk debu kayu ⁽³⁾. Salah satu dampak negatif dari industri pengolahan kayu adalah timbulnya pencemaran udara oleh debu yang timbul pada proses pengolahan atau hasil industri tersebut. Debu kayu ini akan

mencemari daerah industri dan lingkungannya sehingga pekerja maupun masyarakat di sekitar industri dapat terpapar oleh debu baik karena bahan baku, bahan antara ataupun produk akhir. Bahan pencemar tersebut dapat berpengaruh terhadap lingkungan dan manusia.

Berbagai faktor berpengaruh dalam timbulnya penyakit atau gangguan pada saluran napas akibat debu ⁽⁴⁾. Faktor tersebut adalah faktor debu yang meliputi ukuran partikel, bentuk, konsentrasi, daya larut dan sifat kimiawi, serta lama paparan. Faktor individual meliputi mekanisme pertahanan paru, anatomi dan fisiologi saluran napas serta faktor imunologis. Penilaian paparan pada manusia perlu dipertimbangkan antara lain sumber paparan/jenis pabrik, lamanya paparan, paparan dari sumber lain, pola aktivitas sehari-hari dan faktor penyerta yang potensial seperti umur, gender, etnis, kebiasaan merokok, faktor allergen ⁽⁵⁾.

PT.SSSWI, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan kayu dimana kebutuhan kayu $93.463 \text{ m}^3/\text{th}$, dan dihasilkan serbuk gergaji kering sebanyak $7,39 \% \times 93.463 \text{ m}^3 = 6907 \text{ m}^3/\text{th}$, dan debu sanding sebanyak $3 \% \times 93.463 \text{ m}^3 = 2804 \text{ m}^3/\text{th}$.

Berdasarkan hasil survei pendahuluan pada PT. SSSWI diperoleh informasi dari laporan bagian Personalia pada bulan September 2004 jumlah tenaga kerja 1572 orang terdiri dari laki-laki 1480 orang dan wanita 92 orang, selain itu di ketahui bahwa pola penyakit yang di laporkan poliklinik PT.SSSWI periode tahun 2004 untuk 5 penyakit terbesar dapat diketahui bahwa penyakit saluran pernapasan (terdiri dari ISPA 42,2% dan Penyakit Parenkim Paru-Paru 0,8%) menempati peringkat pertama yang diikuti penyakit saluran

pencernaan (26%), penyakit otot dan tulang (15%), penyakit kulit dan jaringan bawah kulit (11%), serta terakhir adalah penyakit mata (4%).

Dari data poliklinik PT.SSSWI pola penyakit yang tertinggi yaitu saluran pernapasan (43%). Atas dasar itulah peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul :

“Analisis faktor risiko paparan debu kayu terhadap gangguan fungsi paru pada pekerja industri pengolahan kayu PT.Surya Sindoro Sumbing Wood Industry”

Rahajoe dkk, (1994) ⁽¹⁵⁾ menyatakan bahwa salah satu fungsi utama paru adalah sebagai alat pernapasan yaitu melakukan pertukaran udara (ventilasi), yang bertujuan menghirup masuknya udara dari atmosfer kedalam paru-paru (inspirasi) dan mengeluarkan udara dari alveolar ke luar tubuh (ekspirasi). Pernapasan dapat berarti pengangkutan oksigen ke sel dan pengangkutan CO₂ dari sel kembali ke atmosfer. Proses ini menurut Guyton (1981)⁽¹⁶⁾ dapat dibagi menjadi 4 tahap yaitu

1. Pertukaran udara paru, yang berarti masuk dan keluarnya udara ke dan dari alveoli. Alveoli yang sudah mengembang tidak dapat mengempis penuh, karena masih adanya udara yang tersisa didalam alveoli yang tidak dapat dikeluarkan walaupun dengan ekspirasi kuat. Volume udara yang tersisa ini disebut volume residu. Volume ini penting karena menyediakan O₂ dalam alveoli untuk mengaerasikan darah.
2. Difusi O₂ dan CO₂ antara alveoli dan darah.
3. Pengangkutan O₂ dan CO₂ dalam darah dan cairan tubuh menuju ke dan dari sel-sel.
4. Regulasi pertukaran udara dan aspek-aspek lain pernapasan.

Diagnosis penyakit paru sebaiknya tidak hanya menilai kondisi organ paru saja, akan tetapi juga ditentukan kondisi fungsionalnya. Dengan mengetahui keadaan fungsi paru, maka beberapa tindakan medis yang akan dilakukan pada penderita tersebut dapat diramalkan keberhasilannya, disamping itu progresivitas penyakitnya akan dapat diketahui. Oleh karena itu pemeriksaan faal paru sekarang ini dikategorikan sebagai pemeriksaan rutin. Volume paru dan kapasitas fungsi paru merupakan gambaran fungsi ventilasi sistem pernapasan. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas fungsi paru dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya kelainan fungsi ventilasi paru. Deteksi dini kelainan paru akibat kerja dapat dilakukan dengan mengetahui riwayat medis/pekerjaan. Hal ini penting dalam memperkirakan lingkungan atau pekerjaan sebagai faktor yang menimbulkan paparan pada penderita dan memperkirakan waktu yang diperlukan antara paparan dan awal gejala⁽⁴²⁾. Selain hal tersebut diatas deteksi dini kelainan paru juga dapat dilakukan uji fungsi paru dengan menggunakan spirometer, yang merupakan pemeriksaan terhadap fungsi ventilasi. Walaupun uji ini tidak dapat digunakan untuk mendapatkan diagnosis dasar perubahan patologis, tetapi beberapa penyakit mempunyai gangguan fungsi yang khas dan dapat dibedakan antara ventilasi obstruktif dan ventilasi restriktif.⁽¹⁾ Beberapa parameter fungsi paru seperti: *Vital Capacity (VC)*, *Forced Vital Capacity (FVC)*, *Forced Expiratory Volume in 1 Second (FEV₁)* dan *Peak Expiratory Flow Rate (PEFR)*⁽²⁾.

Faktor yang dapat berpengaruh pada inhalasi bahan pencemar ke dalam paru adalah faktor komponen fisik, faktor komponen kimiawi dan faktor penderita

itu sendiri ⁽¹⁸⁾. Aspek komponen fisik yang pertama adalah keadaan dari bahan yang diinhalasi (gas,debu,uap). Ukuran dan bentuk akan berpengaruh dalam proses penimbunan di paru, demikian pula kelarutan dan nilai higroskopisnya. Komponen kimia yang berpengaruh antara lain kecenderungan untuk bereaksi dengan jaringan disekitarnya, keasaman atau tingkat alkalinitas (dapat merusak silia dan sistem enzim). Bahan-bahan tersebut dapat menimbulkan fibrosis yang luas di paru dan dapat bersifat antigen yang masuk paru. Faktor manusia sangat perlu diperhatikan terutama yang berkaitan dengan sistem pertahanan paru, baik secara anatomis maupun fisiologis, lamanya paparan dan kerentanan individu.

Mekanisme penimbunan debu dalam paru dapat dijelaskan sebagai berikut : debu diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap, debu yang berukuran antara 5-10 μ akan ditahan oleh saluran napas atas, sedangkan debu yang berukuran 3-5 μ akan ditahan oleh bagian tengah jalan pernapasan, debu yang berukuran 1-3 μ disebut debu respirabel, merupakan ukuran yang paling berbahaya, karena akan tertahan dan tertimbun (menempel) mulai dari bronkiolus terminalis sampai alveoli dan debu yang berukuran 0,1-1 μ bergerak keluar masuk alveoli sesuai dengan gerak Brown ⁽²¹⁾. Partikel debu yang masuk ke dalam paru-paru akan membentuk fokus dan berkumpul dibagian awal saluran limfe paru. Debu ini akan difagositosis oleh makrofag. Debu yang bersifat toksik terhadap makrofag akan merangsang terbentuknya makrofag baru. Pembentukan dan destruksi makrofag yang terus menerus berperan penting pada pembentukan jaringan ikat kolagen dan pengendapan hialin pada jaringan ikat tersebut. Fibrosis ini terjadi pada parenkim paru, yaitu pada dinding alveoli dan jaringan ikat

intertestisial. Akibat fibrosis paru akan terjadi penurunan elastisitas jaringan paru (pengerasan jaringan paru) dan menimbulkan gangguan pengembangan paru ⁽¹⁾.

Penyakit-penyakit pernapasan dapat diklasifikasikan berdasarkan etiologi, letak anatomis, sifat kronik penyakit dan perubahan-perubahan struktur serta fungsi. Penyakit pernapasan yang diklasifikasikan berdasarkan disfungsi ventilasi dibagi dalam 2 katagori, yaitu penyakit-penyakit yang terutama menyebabkan gangguan ventilasi obstruktif dan penyakit-penyakit yang menyebabkan gangguan ventilasi restriktif. Klarifikasi ini dipilih karena uji spirometri dan uji fungsi ventilasi lain hampir dilakukan secara rutin dan kebanyakan penyakit-penyakit pernapasan akan mempengaruhi ventilasi.

Konsekuensi patologis dan klinis akibat exposure terhadap debu sangat bervariasi dan tergantung dari sifat debu, intensitas dan durasi exposure serta kerentanan dari individu. Bagian dari alat pernapasan yang terkena dan respons exposure tergantung dari sifat kimia, fisika dan toksisitasnya. Debu dapat diinhalasi dalam bentuk partikel debu solid, atau suatu campuran dan asap. Partikel yang berukuran kurang atau sama dengan $5\ \mu$ dapat mencapai alveoli, sedangkan partikel yang berukuran $1\ \mu$ memiliki kapabilitas yang tinggi untuk terdeposit di dalam alveoli. Meskipun batas ukuran debu respirabel adalah $5\ \mu$, tetapi debu dengan ukuran $5-10\ \mu$ dengan kadar berbeda dapat masuk dalam alveoli. Debu yang berukuran lebih dari $5\ \mu$ akan dikeluarkan semuanya bila jumlahnya kurang dari 10 partikel/mm udara. Bila jumlahnya 1.000 partikel/mm udara maka 10 % dari jumlah itu akan ditimbun dalam paru ⁽²⁾.

Penelitian ini merupakan penelitian survei observasional analitik dengan pendekatan *cross sectional* sebagai populasi adalah seluruh karyawan PT. Surya Sindoro Sumbing Wood Industry Wonosobo, yang melakukan Medical Check Up berjumlah 400 orang di bagian Furniture Component dan Wood Working Area. Pada bagian Sanding di FC jumlah karyawan sebanyak 109 orang dan di bagian WWA 120 orang. Pengambilan sampel dengan menggunakan metode *simple random sampling*, besar sampel di tentukan dengan perhitungan menggunakan rumus dari Lameshow (1997) dengan jumlah 70 orang sampel dibagian FC sebanyak 33 orang dan di WWA sebanyak 37 orang. Kriteria inklusi yang di gunakan adalah bersedia mengikuti penelitian, jenis kelamin laki-laki, umur antara 20 – 40 tahun, lama kerja > 2 tahun, tidak melakukan aktivitas fisik. Sedangkan kriteria eksklusi adalah tidak menderita penyakit pernapasan pada saat di lakukan penelitian. Teknik pengumpulan data menggunakan kuesioner, Kadar Debu Kayu di tempat kerja (FC dan WWA) diukur menggunakan High Volume Dust Sampler, kapasitas fungsi paru responden diukur menggunakan spirometer. Variabel lain yang turut dianalisis adalah umur, pendidikan, Masa Kerja, Lama Paparan, Penggunaan APD, Status Gizi dan Kebiasaan Merokok. Data dianalisis secara Univariat, Analisis Bivariat dengan uji Chi Square Test dengan tingkat kemaknaan $p < 0,05$ selanjutnya di lakukan Analisis Multivariat. Usia responden dalam penelitian ini antara 21 – 40 tahun, pendidikan responden sebagian besar SLTP sebesar 40,0%. Pekerja yang mempunyai fungsi paru normal 78,6% dan yang mengalami gangguan 21,4%. Hasil pengukuran kadar debu kayu menunjukkan di bagian WWA Kadar Debu Kayu $6,1452 \text{ mg/m}^3$; di bagian FC

4,0101 mg/m³. Masa Kerja responden rata-rata 5,92 tahun, ≥ 5 tahun 54,3% dan < 5 tahun 45,7%. Lama Paparan responden ≥ 9 jam = 10,0% ; < 9 jam = 90,0%. Pekerja yang menggunakan APD pada saat bekerja 30,0% dan yang tidak menggunakan APD 70,0%, Status Gizi responden sebagian besar dengan gizi baik 82,9%, sebagian besar responden adalah perokok 57,1%.

Pengolahan data dengan menggunakan program SPSS versi .10,0 hasil penelitian menunjukkan bahwa pada Analisis Bivariat tidak semua faktor risiko berhubungan secara bermakna dengan terjadinya gangguan fungsi paru, beberapa faktor risiko yang berpengaruh secara bermakna terhadap kejadian gangguan fungsi paru adalah sebagai berikut :

Hasil resume Analisis Bivariat faktor risiko terhadap gangguan fungsi paru.

Faktor Risiko	X ²	p value	RP	95% CI
a) Kadar Debu	0,111	0,739	1,338	0,533 – 3,358
b) Masa Kerja	6,491	0,011 *	5,474	1,333 – 22,476
c) Lama Paparan	0,000	1,000	1,385	0,390 – 4,918
d) Penggunaan APD	0,000	1,000	1,179	0,423 – 3,281
e) Status Gizi	0,000	1,000	1,208	0,401 – 3,637
f) Kebiasaan Merokok	5,347	0,021 *	4,875	1,188 – 19,996

* p value $< 0,05$.

Tabel tersebut diatas menunjukkan dari enam faktor risiko yang di teliti hasil analisis secara bivariat menunjukkan hanya dua faktor risiko saja yang bermakna terhadap gangguan fungsi paru sedangkan besarnya tingkat kemaknaan secara berturut adalah Masa Kerja (6,491), Kebiasaan Merokok (5,347). Untuk mengetahui besarnya pengaruh dua faktor risiko secara bersama-sama terhadap kejadian gangguan fungsi paru perlu di lakukan Analisis Multivariat.

Untuk menganalisis perbedaan fungsi paru pada pekerja di bagian Furniture Component dan Wood Working Area, di lakukan uji independen t test di mana pada penelitian di dapat hasil $t = 0,015$; $p \text{ value} = 0,988$, sehingga dapat di simpulkan bahwa pada $\alpha = 0,05$ tidak ada perbedaan yang signifikan fungsi paru pekerja bagian sanding mesin (WWA) dengan pekerja bagian sanding tangan (FC).

Besarnya gangguan fungsi paru yang terjadi pada pekerja akibat faktor risiko tersebut dalam persamaan Regresi Logistik di dapatkan hasil sebagai berikut :

1. Pekerja dengan Masa Kerja >5 tahun dan merokok peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 44,42%. ($p = 0,4442$)

$$p = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-5,081 + 2,487 \times 1 + 2,370 \times 1)}}$$

2. Pekerja dengan Masa Kerja >5 tahun dan tidak merokok peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 6,95%. ($p = 0,0695$)

$$p = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-5,081 + 2,487 \times 1 + 2,370 \times 0)}}$$

3. Pekerja dengan Masa Kerja <5 tahun dan merokok peluang untuk terjadinya gangguan fungsi paru 6,23%. ($p = 0,0623$)

$$p = \frac{1}{1 + 2,718^{-(-5,081 + 2,487 \times 0 + 2,370 \times 1)}}$$

Keterangan :

- p : Probabilitas
 e : Bilangan natural = 2,718.
 a : Nilai Konstan = -5,081
 b_1 : Nilai variabel = 2,487
 b_2 : Nilai variabel = 2,370
 x_1 : Faktor risiko Masa Kerja pekerja > 5 tahun = 1 ; < 5 tahun = 0
 x_2 : Faktor risiko Kebiasaan Merokok = 1 ; tidak merokok = 0.

Kesimpulan :

1. Kadar Debu Kayu dibagian WWA = 6,1452 mg/m³. (> NAB)

Kadar Debu Kayu dibagian FC = 4,0101 mg/m³. (< NAB)

Hal tersebut menunjukkan 52,9% (37 orang) responden bekerja di bagian WWA yang mempunyai Kadar Debu Kayu melebihi NAB (> 5 mg/m³) dan 47,1 % (33 orang) responden bekerja di bagian FC dengan Kadar Debu Kayu di bawah NAB(< 5 mg/m³).

2. Rata-rata kapasitas fungsi paru pekerja PT. SSSWI – Wonosobo menunjukkan 92,04% FEV₁/FVC dengan standar deviasi 6,68 sedang nilai terendahnya 66,0% FEV₁/FVC dan nilai tertinggi 100 % FEV₁/FVC.

Hasil uji independen t test menghasilkan nilai $p = 0,988$ sehingga dapat disimpulkan pada $\alpha = 0,05$ tidak ada perbedaan yang signifikan fungsi paru responden bagian sanding mesin (WWA) dengan responden bagian sanding tangan (FC).

3. Tidak ada hubungan antara Kadar Debu, Lama Paparan, Status Gizi, Penggunaan APD dengan gangguan fungsi paru.

4. Ada hubungan yang bermakna antara Masa Kerja dan Kebiasaan Merokok dengan gangguan fungsi paru.

Masa Kerja (RP = 5,474 ; p value = 0,011 ; 95% CI 1,333 – 22,476)

Kebiasaan Merokok (RP = 4,875 ; p value = 0,021 ; 95% CI 1,188 – 19,996)

Saran :

1. Memantau dan mengendalikan Kadar Debu Kayu di ruang kerja, mengurangi Kadar Debu Kayu dengan menambah jumlah alat pengisap debu.
2. Pada karyawan yang sudah bekerja, pemeriksaan rutin setiap tahun harus mengikut sertakan pemeriksaan fungsi paru.
3. Mewajibkan dan mengawasi penggunaan masker secara ketat dan kontinyu pada pekerja, agar dapat mengurangi angka kejadian gangguan fungsi paru.
4. Memberikan penyuluhan yang bertujuan untuk lebih meningkatkan kesadaran para pekerja tentang faktor-faktor yang dapat menimbulkan gangguan fungsi paru dan faktor pendukung lainnya seperti : Kebiasaan Merokok, Penggunaan APD dan lain-lain.
5. Pekerja yang sudah mengalami gangguan fungsi paru, kiranya dapat melakukan upaya agar gangguan fungsi paru tidak menjadi lebih berat, dengan jalan pengobatan rutin dan replacement ke ruang yang Kadar Debu Kayunya di bawah NAB.
6. Dibuat peraturan tidak boleh merokok pada saat bekerja atau di lingkungan industri pengolahan kayu PT. SSSWI – Wonosobo.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anderson, S, Wilson. L.M. *Pathophysiologi Clinical Concepts of Disease Processes* (terj Adji Dharma), Bagian 1 edisi 2 Cetakan VII.ECG,Jakarta 1989, p: 515-21
2. Alsagraff, H,Mangunnegoro,H *Nilai Normal Faal Paru Orang Indonesia Pada Nilai Usia Sekolah Dan Pekerja Dewasa*. Berdasarkan Rekomendasi American Thoracic Society (ATS) Airlangga Universitas Surabaya (1993).
3. Pashin, AJ., Harrar, ES., Bethel, JS., Baer, W.J. *Forest Product. Treir Sources, production and utilization*. Mc Graw-Hill Book Company, London 1982)
4. Yunus,F.,*Dampak Debu Industri Pada Paru dan Pengendaliannya*, Journal Respiratory Indonesia,17 (1):4-7 (1997)..
5. Epler, G.R. *Environmental and Occupational Lung Disease. In Clinical Overview of Occupation Lung Disease*. Return to Epler.Com (1997)
6. Sukarman *Kapasitas Pernapasan untuk Evaluasi Faal Paru* Desertasi di Fak. Kedokteran Universitas Airlangga Surabaya 1978
7. Lestari, K. *Pengaruh Paparan Debu Terhadap Fungsi Paru Tenaga Kerja Plywood*, 2000. Majalah Hiperkes dan Keselamatan Kerja, XXXIII (2): 37-46.
8. Talini,D., Monteverdi, A.,Benvenuti, A.,Petrozzino, M.,Pede, F.,Lemmi,M., Carletti, A.,Macchiani, P.,Serreti, N.,Viegi, G.,Paggiaro,P., *Asthma-like Symptoms, Atopy,and Bronchial Responsiveness in Furniture Workers*, Occupational Environment Medicine, 1998 .55:786-791
9. Prihantoyo, *Penurunan Volume Ekspirasi Paksa Akibat Paparan Debu Kayu Pinus dan Sengon pada Tenaga Kerja PT Isanti di Semarang*,Tesis, Diajukan kepada Program Pascasarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. (2001)
10. Hendrawati, W.I.,Pruhartono,J.,Yunus,F. *Pengaruh Debu Kayu terhadap Paru dan Faktortor-faktor risikonya di Kalangan Pekerja Industri Permebelan Kayu PT. X di Bogor*. 1998 Journal Respir Indo vol 18,No.4:137-145.
11. Yeung M.C., Lam S., Enarson,D., *Pulmonary Function Measurement in The Industrial Setting*. Chest, (1995)

12. Price, S.A., dan Wilson, L.W., , *Pathophysiology Clinical Concepts of Disease Processes*, 4th ed, Mosby Year Book, New York.(1992)
13. Mukono, H.J., *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernapasan*, Airlangga University Press, Surabaya.(1997)
14. Davis, M.L., dan Cornwell, D.A., *Introduction to Environmental Engineering*, 2nd ed., Mc Graw-Hill Inc, New York. (1991)
15. Rahajoe, N., Boediman, I., Said, M., Wirjodiarjo, M., Supriatno, B., *Perkembangan dan Masalah Pulmonology Anak Saat Ini*, Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta.(1994)
16. Guyton, A.C., *Textbook of Medical Physiology*, 4th ed, W.B, Saunders Company, Toronto.(1995)
17. Amin, M. *Penyakit Paru Obtruksif Kronik*. Laboratorium-SMF Penyakit Paru, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga-RSUD DR. Sutomo (2000)
18. Suma'mur, P.K., *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*, CV. Haji Masagung, Jakarta.(1988)
19. Malaka T *Evaluasi Bahan Pencemar di Udara Lingkungan*. Jurnal Respirologi Indonesia Volume 16 tahun 1996: 32-127.
20. Thomas, W.H., *Respiratory System*. In. N.K. Mottet (Eds). End Pathology. Oxford University Press. (1985)
21. World Health Organization. *Early Detection of Occupational Disease* 1986.
22. Pope, C.A. *Respiratory Health and PM 10 Pollution Am.Rev. Respiratory Disease*. (1989)
23. Miller, G.H. et al *Part II hybrid emissions control model and inhalable and respirable particules clean air*, 23. No.4, pp:150-155 (1989)
24. Grandjean, P. *Health Significance of Metals dalam Maxy Last Publichealth Prevention Medicine*, Ed. 13; 381-99 (1994)
25. Giarno, *Drug Education*, 2nd ed, Addison Wesley Publ Co, California (1995)
26. Lubis, I., *Pengaruh Lingkungan Terhadap Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA)*, Cermin Dunia Kedokteran, 70:15-17 (1991)

27. Weiss, E.B., dan Segal, M.S., *Bronchial Asthma Mechanism and Therapeutics*, Little, Brown and Company, Boston.(1976)
28. Mengesha, Y.A., and Bekelle, A. *Relative Chronic Effects of Different Occupational dust on Respirators Indices and Health of Wokers in Three Ethopian Factories*, Am Jour Ind Med, 34: 373-380.(1998)
29. Dhaise, Abu, B.A., Rabi, A.Z., Zwary, *Pulmonary Manifestation in Cement Workers in Jordan, Ibird*, Int Jour Occup Med Environ Health, 10: 417-428. (1997)
30. Bohadana,A.B, Massin, N, Wild,P.,Toamain, J.P.,Engel,S.,Goutet,Populasi, *Symptoms,Airway Responsiveness, and Exposure to Dust in Beech and Oak Wood Workers* Occup Environ Med, 57: 268-273. (2000)
31. Hessel, P.A.,Herbert, F.A., Melenka, L.S., Yoshida, k., Michaelchuk, D., Nakaza, M.,: *Lung Health in Sawmill Workers Exposed to Pine and Spruce (See Comments)*, Chest, 108 (3): 642-646.(1995)
32. Almtsier,S, *Prinsip dasar ilmu Gizi*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (2002)
33. Frans dan Prast, J., *Perbaikan Gizi Kerja dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Perusahaan Konveksi, Hiperkes dan Keselamatan Kerja*, XXII (1):25-28.(1989)
34. Habsari,N.D.,*Penggunaan Alat Pelindung Diri Bagi Tenaga Kerja, Bunga Rampai Hiperkes dan Keselamatan Kerja*, Universitas Diponegoro, Semarang (2): 329-335 (2003)
35. Churg A.W. *Small Airways Diseases and Mineral Dust Exposure* : Am Rev Respir. Dis , 1985:43-139
36. Parkes, W. R: *Occupational Lung Disorders*, London Butterworth (1982)
37. Murti B : *Prinsip dan Metode Riset Ipidemiologi* . Gajah Mada University Press Yogyakarta (1997)
38. Lameshow S,Hosmer D,Klar J. *Besar Sampel Untuk Penelitian Kesehatan*. Edisi Bahasa Indonesia. Gajah Mada University Press Yogyakarta 1997.
39. American Conference of Governmental Industrial Hygienist, *Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*, ACGIH, Cincinnati-USA. (1996)

40. Sastroasmoro.S, Ismael.S *Dasar dasar Metodologi Penelitian Klinis*. C.V Sagung Seto. Jakarta. (2002)
41. Santoso. S, *Mengolah Data Statistik Secara Profesional* PT. Gramedia, Jakarta 2000
42. Aditama T.Y. *Penilaian Polusi Udara*. Jurnal respirologi Indonesia Vol.19 tahun 1999 ; 4-10
43. Asep Irfan *Hubungan Paparan Debu Kayu dengan Keluhan Subjektif Saluran Pernapasan dan Gangguan Ventilasi Paru pada Tenaga Kerja PT. Perwita Karya Kabupaten Sleman Yogyakarta ; tesis di ajukan kepada program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. 2003*
44. Departemen Tenaga Kerja RI. Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja No: SE-01/Men/1997, tentang *Nilai Ambang Batas Faktor Kimia di Udara Lingkungan Kerja*, Jakarta 1997.